

UNIVERSIDAD CATÓLICA SANTO TORIBIO DE MOGROVEJO
FACULTAD DE INGENIERÍA
ESCUELA DE INGENIERÍA MECÁNICA ELÉCTRICA



**Diseño de sistema de generación eléctrica utilizando energía hidráulica
del canal Taymi en el distrito de Mesones Muro**

**TESIS PARA OPTAR EL TÍTULO DE
INGENIERO MECÁNICO ELÉCTRICO**

AUTOR

Fabricio Jesus Salazar Llontop

ASESOR

Wilson Alejandro Jimenez Zuloeta

<https://orcid.org/0000-0001-7030-6345>

Chiclayo, 2024

**Diseño de sistema de generación eléctrica utilizando energía
hidráulica del canal Taymi en el distrito de Mesones Muro**

PRESENTADA POR

Fabricio Jesus Salazar Llontop

A la Facultad de Ingeniería de la
Universidad Católica Santo Toribio de Mogrovejo
para optar el título de

INGENIERO MECÁNICO ELÉCTRICO

APROBADA POR

Hugo Walter Mundaca Guerra

PRESIDENTE

Hernan Henry Santisteban Chapoñan

SECRETARIO

Wilson Alejandro Jimenez Zuloeta

VOCAL

Dedicatoria

A mis padres por ser el apoyo diario siendo el pilar de apoyo en mi formación personal y profesional. Ellos me han otorgado la determinación y el valor para perseverar durante este periodo de mi carrera profesional.

Agradecimientos

Gracias a los ingenieros de la carrera de Ingeniería Mecánica y eléctrica, por transmitir sus experiencias y aprendizajes durante el desarrollo de la tesis, para así avanzar en mi formación profesional.

DISEÑO DE SISTEMA DE GENERACIÓN ELÉCTRICA UTILIZANDO ENERGÍA HIDRÁULICA DEL CANAL TAYMI EN EL DISTRITO DE MESONES MURO

INFORME DE ORIGINALIDAD

16%

INDICE DE SIMILITUD

16%

FUENTES DE INTERNET

0%

PUBLICACIONES

0%

TRABAJOS DEL
ESTUDIANTE

FUENTES PRIMARIAS

1	repositorio.unprg.edu.pe:8080 Fuente de Internet	2%
2	repositorio.uts.edu.co:8080 Fuente de Internet	1%
3	www.conareme.org.pe Fuente de Internet	1%
4	repositorio.ucv.edu.pe Fuente de Internet	1%
5	repositorio.ucsg.edu.ec Fuente de Internet	1%
6	docplayer.es Fuente de Internet	<1%
7	repositorio.pascualbravo.edu.co Fuente de Internet	<1%
8	www.coursehero.com Fuente de Internet	<1%

Índice

Resumen.....	10
Abstract.....	11
1 INTRODUCCIÓN	12
1.1 SITUACIÓN PROBLEMÁTICA.....	13
1.2 JUSTIFICACIÓN PROBLEMÁTICA	14
1.3 OBJETIVOS.....	14
1.3.1 OBJETIVOS GENERALES	14
1.3.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS.....	14
2 MARCO TEÓRICO	15
2.1 Antecedentes Empíricos	15
2.1.1 Mundial	15
2.1.2 Nacional	19
2.1.3 Regional	20
2.2 Bases teóricas – científicas	20
2.2.1 Energía hidráulica.....	20
2.2.2 Rueda hidráulica.....	21
2.2.3 Tipos de rueda hidráulica.....	22
2.2.4 Multiplicador de velocidad	23
2.2.5 Plantas de generación hidroeléctricas	23
2.2.6 Software SolidWorks.....	23
2.2.7 Simulink	24
2.2.8 Generador eléctrico.....	25
2.2.9 Tipos de generador	25
2.2.10 Generador síncrono.....	26
2.2.11 Generador asíncrono.....	26
3 METODOLOGÍA	27
3.1 Tipo y nivel de investigación.....	27
3.1.1 Tipo	27
3.1.2 Nivel.....	27
3.2 Población y muestra	27
3.3 Operación de variables	27
3.4 Técnicas e instrumentos de la recolección de datos	29
3.5 Matriz de consistencia	30
4 RESULTADOS.....	31
4.1 Cálculo de Potencia eléctrica del parque de Mesones Muro	31
4.2 Consumo de Energía eléctrica del Parque de Mesones Muro	31

4.3	Caudal anual del Canal Taymi km 31 + 270.....	32
4.4	Geometría del canal.....	36
4.4.1	Estimación de la velocidad	36
4.5	Selección de la turbina hidro cinética:	37
4.6	Potencia hidráulica del canal	37
4.6.1	Potencia aprovechada	38
4.7	Diseño de rueda hidráulica	38
4.7.1	Diámetro exterior.....	38
4.7.2	Diámetro interior	39
4.7.3	Longitud del álabe	40
4.7.4	Velocidad de la rueda	40
4.7.5	Ancho de rueda.....	41
4.7.6	Separación entre álabes y número de álabes	41
4.8	Diseño del álabe	42
4.8.1	Ángulo de entrada de agua al rodete.....	42
4.8.2	Ángulo de salida de agua del rodete	42
4.8.3	Radio de curvatura y ángulo de curvatura del álabe.....	43
4.8.4	Esfuerzo máximo del álabe.....	44
4.8.5	Fuerza tangencial	45
4.8.6	Torque máximo	46
4.8.7	Diseño del eje	46
4.9	Selección de transmisión mecánica y multiplicador rpm	49
4.9.1	Longitud de correas	51
4.10	Selección de chumacera.....	53
4.11	Selección de generador	54
4.12	Simulación de generador:	54
4.13	Diseño final de la rueda	56
4.14	Materiales	56
4.15	Simulación.....	57
4.15.1	Simulación estática del soporte de la rueda	57
4.15.2	Simulación estática del eje.....	59
4.15.3	Simulación de la rueda en Flow simulación para determinar la potencia.....	61
4.16	Costo	63
5	CONCLUSIONES	65
6	DISCUSIÓN	66
7	RECOMENDACIONES	66
8	REFERENCIAS	67

9	ANEXO.....	70
---	------------	----

LISTADO DE TABLAS

Tabla 1. Cuadro de cargas del parque de Mesones Muro	31
Tabla 2. Caudal promedio 2022 del Canal Taymi Km 1+050	32
Tabla 3. Caudal promedio 2022 del Canal Tumán Jarrín	33
Tabla 4. Caudal promedio 2022 del Canal Luya Chucupe	33
Tabla 5. Caudal promedio 2022 del Canal San Miguel	34
Tabla 6. Caudal promedio 2022 del Canal Fala-Falita	34
Tabla 7. Caudal promedio 2022 del Canal Carrizo.....	35
Tabla 8. Caudal promedio (Resultado)2022 del Canal Taymi km 31 +270.....	35
Tabla 9. Selección de la longitud del álabe en base al caudal del canal.....	40
Tabla 10. Catálogo de chumacera	53
Tabla 11. Características del generador eléctrico	54
<i>Tabla 11. Resultados de la simulación en Simulink.....</i>	<i>55</i>
Tabla 14. Materiales usados en el diseño.	56
Tabla 15. Cuadro de resultados de la rueda en el Flow Simulation.	62
Tabla 16. Pago de la Municipalidad a ENSA durante el 2019 a 2022	63
Tabla 17. Inversión inicial del proyecto.	64
Tabla 18. Resultados de VAN Y TIR.....	64

LISTADO DE ILUSTRACIONES

Ilustración 1 : Tiempo promedio de puesta en operación de las centrales RER.....	20
Ilustración 2 .(a) Rueda Hidráulica undershot, (b) Rueda Hidráulica de entrada de agua por costado medio, (c) Rueda Hidráulica de entrada de agua por costado alto, (d) Rueda Hidráulica overshot.....	21
Ilustración 3. Proceso de conversión de energía.....	23
Ilustración 4.Cuadro de Variable independiente y dependiente.....	28
Ilustración 5. Matriz de consistencia.....	30
Ilustración 6 .Medidas del canal Taymi.....	36
Ilustración 7. Diámetro de una rueda hidráulica.....	38
Ilustración 8. Ángulo de salida y entrada de agua del rodete.....	42
Ilustración 9. Radio y ángulo de la curvatura del álabe.....	43
Ilustración 10. Propiedades físicas del álabe.....	45
<i>Ilustración 11. Esquema de transmisión mecánica.....</i>	<i>49</i>
Ilustración 12. Catálogo de características del multiplicador.....	51
<i>Ilustración 13. Simulación de generador síncrono en Simulink.....</i>	<i>54</i>
Ilustración 14.Gráfico de Potencia eléctrica - Meses.....	55
Ilustración 15. Sistema de generación de energía eléctrica.....	56
Ilustración 16. Propiedades de la rueda hidráulica (tapa, eje y alabe).....	57
Ilustración 17. Soporte de rueda – Simulación resultado de Desplazamientos (Tipo URES).....	57
Ilustración 18.Soporte de rueda – Simulación resultado de Tensiones (Tensión axial y de flexión en el límite superior).....	58
Ilustración 19. Soporte de rueda – Simulación resultado de factor de seguridad.....	58
Ilustración 20. Eje de rueda – Simulación resultado de Tensión mínima (Tensión de von Mises).....	59
Ilustración 21. Eje de rueda – Simulación resultado de desplazamiento.....	59
Ilustración 22. Eje de rueda – Simulación resultado de deformaciones unitarias.....	60
Ilustración 23. Eje de rueda – Simulación resultado de factor de seguridad.....	60
Ilustración 24. Simulación de la rueda mediante Flow Simulation.....	61
Ilustración 25. Ubicación de la subestación EN2708 en la que se consideró los precios.....	64
Ilustración 26. Factor por tamaño.....	70
Ilustración 27. Factores de confiabilidad; Aproximados Cr y factores de tamaño.....	70

Resumen

Por el distrito de Manuel Antonio Mesones Muro de la provincia de Ferreñafe, en la región Lambayeque, transita el Canal Taymi, considerada la obra de irrigación más importante de la costa norte del Perú, en la actualidad ha sido canalizado en su totalidad. En el referido distrito se encuentra ubicado el “Parque de las Aguas”, el único de la región. El elevado costo y los escasos ingresos del municipio no permiten un funcionamiento continuo de este atractivo el cual en los últimos tiempos se ha visto reducido su funcionamiento a los fines de semana y en la actualidad a una vez al mes. La presente investigación plantea el diseño de la rueda hidráulica de Poncelet de corriente libre para aprovechar el caudal del Canal Taymi y transformarla en energía mecánica, y poder transmitirla esta hacia el generador y así convertirla en energía eléctrica. Para posteriormente alimentar a los equipos que ponen en funcionamiento el “Parque de las Aguas”. Mediante los datos obtenidos se pudo determinar que la potencia máxima obtenida por el sistema fue de 158,9 kW y la mínima es de 2,701 kW. Para el diseño de este proyecto se utilizará la herramienta SolidWorks, herramienta de software que se adapta al diseño de partes mecánicas, además de Microsoft Excel para el desarrollo de gráficas y fórmulas.

Palabras Claves: Canal Taymi, rueda hidráulica, caudal.

Abstract

The Taymi Canal passes through the district of Manuel Antonio Mesones Muro in the province of Ferreñafe, in the Lambayeque region, considered the most important irrigation work on the northern coast of Peru. It has currently been completely channeled. The “Parque de las Aguas” is located in the aforementioned district, the only one in the region. The high cost and the low income of the municipality do not allow continuous operation of this attraction, which in recent times has been reduced to operating on weekends and currently to once a month. The present research proposes the design of the free-current Poncelet hydraulic wheel to take advantage of the flow of the Taymi Canal and transform it into mechanical energy, and be able to transmit it to the generator and thus convert it into electrical energy. To later feed the teams that put the “Water Park” into operation. Using the data obtained, it was possible to determine that the maximum power obtained by the system was 158.9 kW and the minimum is 2,701 kW. For the design of this project, the SolidWorks tool will be used, a software tool that adapts to the design of mechanical parts, in addition to Microsoft Excel for the development of graphs and formulas.

Keywords: Taymi Canal, water wheel, flow.

1 INTRODUCCIÓN

Desde tiempos remotos, tanto los antiguos romanos como los griegos hacían uso de la energía del agua mediante ruedas hidráulicas para moler trigo. Sin embargo, debido al empleo de esclavos y animales de carga, su utilización generalizada se vio retrasada hasta el siglo XII. En la edad media, las grandes ruedas hidráulicas de madera desarrollaban una potencia máxima de 50 hp. El mayor desarrollo de la energía hidroeléctrica fue dado por el ingeniero civil británico John Smeaton, quien construyó la primera gran rueda hidráulica de hierro fundido. Pero no fue sino hasta 1882 que apareció la primera central eléctrica moderna en la historia por Thomas Alva Edison. Edison puso en marcha la primera central eléctrica en la ciudad de Nueva York, en Pearl Street, iluminando 85 hogares, tiendas y oficinas con 400 bombillas incandescentes. [1]

La energía hidroeléctrica es una de las fuentes de energía renovable más utilizadas en la tierra, no produce residuos contaminantes, se considera energía limpia. Una planta hidroeléctrica utiliza la energía potencial gravitacional de un cuerpo de agua para transferir el agua con una rueda hidráulica a un generador, que luego convierte la energía en electricidad. [2]

Manuel Antonio Mesones Muro forma parte de la provincia de Ferreñafe. Se encuentra ubicada a 5 km al sur del distrito de Ferreñafe. Siendo una zona turística por su gastronomía y su cultura. Su parque principal tiene, el llamado “Parque de las aguas “, un atractivo turístico el cual demanda una potencia total de 119,55 kW. [3]

El nuevo canal Taymi, principal canal de riego, discurre por la zona alta de los tramos Ferreñafe y Mochumí, con una longitud total de 48,8 km, partiendo de la cuenca Desaguadero y desembocando en la cuenca Cachinche. Su capacidad es de 65 m³/s hasta 25 m³/s. El nuevo canal se construyó paralelo a la ruta del antiguo canal y se dejó de usar al final de la construcción de esta. [4]

A pesar de contar con un potencial energético , el parque se abastece de la energía que provee ENSA, ocasionando un gasto difícil de afrontar por la municipalidad, desde el punto de vista económico la energía hidráulica resulta una ventaja ya que dejaría de depender en gran parte de la empresa distribuidora de energía eléctrica

y pasaría a usar la energía que produce esta central, el costo a considerar es el mantenimiento que el equipo necesita un mantenimiento regular para garantizar su óptimo rendimiento y asegurar que siempre esté en operación, proporcionando una energía de alta calidad. Como resultado, el medio ambiente se mantiene intacto y contribuye a preservar nuestro ecosistema sin contaminación, relegando los generadores de combustión a un segundo plano. [5]

Esta tesis tiene como objetivo diseñar una rueda hidráulica con el fin de aprovechar el caudal del canal Taymi, generando energía eléctrica para poder alimentar al “Parque de las aguas”, ubicado en el distrito de Mesones muro. Se realizará un estudio, con el fin de obtener resultados y posteriormente concluir el trabajo de investigación.

1.1 SITUACIÓN PROBLEMÁTICA

Mesones Muro forma parte del progreso sostenible del país, permitiendo fomentar un crecimiento económico-laboral. Existen construcciones en el distrito como centros culturales, parques, juegos con efectos de agua y luz. Los cuales conllevan a tener gastos en mantenimiento y consumo de electricidad, generando costos elevados que la municipalidad no puede pagarlos. Esta localidad se considera importante por impulsar el desarrollo social, cultural y económico. [3]

El principal problema que afecta el parque de las aguas de Mesones Muro es el elevado costo y los escasos ingresos del municipio no permiten un funcionamiento continuo de este atractivo el cual en los últimos tiempos se ha visto reducido su funcionamiento a los fines de semana y en la actualidad a una vez al mes. Es por ello que se planea diseñar el sistema de generación eléctrica, ya que desde el punto de vista económico se disminuirán los gastos por el pago de estos servicios y aprovecharlos para el mantenimiento del sistema. Es por ello que se realiza la siguiente pregunta de investigación:

¿Será factible el diseño del sistema de generación de energía eléctrica para suministrar al parque de las aguas de Mesones Muro?

1.2 JUSTIFICACIÓN PROBLEMÁTICA

Viéndolo desde un punto de vista económico dará una ventaja, ya que no se tendría que pagar a ENSA, solo se gastaría en el mantenimiento anual que se le dará sistema de generación eléctrica. Un funcionamiento constante del parque lo convertiría en un punto de atracción a nivel de la zona norte, lo que impulsaría el turismo y como consecuencia un desarrollo comercial y económico. Esto se vería reflejado en instalación de restaurantes, hoteles, garajes, etc.

Además, la obtención de energía es limpia, no afecta al medio ambiente, ya que la energía hidroeléctrica es aquella energía renovable que no genera desechos contaminantes favoreciendo a nuestro ecosistema.

1.3 OBJETIVOS

1.3.1 OBJETIVOS GENERALES

- ✓ Diseñar un sistema de generación de energía eléctrica aprovechando la energía hidráulica del canal Taymi que se suministrará al parque de las aguas de Mesones Muro.

1.3.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- ✓ Calcular el consumo energético de los componentes del parque de las aguas en Mesones Muro.
- ✓ Definir el potencial energético que posee el canal Taymi, en base a su caudal.
- ✓ Diseñar la rueda hidráulica en función de la potencia necesitada y la capacidad de energía hidráulica obtenida.
- ✓ Diseñar el sistema de transmisión de potencia entre la rueda y el generador.
- ✓ Determinar la factibilidad del proyecto mediante análisis de costo.

2 MARCO TEÓRICO

2.1 Antecedentes Empíricos

2.1.1 Mundial

Tesis: ESTUDIO DE UN SISTEMA DE GENERACIÓN DE ENERGÍA ELÉCTRICA EN CANAL ABIERTO MEDIANTE LA RUEDA HIDRÁULICA EN EL RÍO ARENILLAS, EL ORO ECUADOR

Autor: Torres Ríos Juan Andrés

Año: 2018

País: Ecuador

Resumen: En la presente tesis se enfocó en el problema de contaminación y de abastecimiento energético en los lugares a los que no llegan los tendidos eléctricos por la lejanía, por lo que propone adecuar un sistema de generación eléctrica actuado por una rueda hidráulica para el río Arenillas ubicado en la provincia de El Oro, para generar energía eléctrica aprovechando del caudal del río. Con el propósito de conectarlo a una red eléctrica, obteniendo energía limpia, beneficiando a personas tanto como al medio ambiente.

Resultados:

Se hizo un estudio sobre la velocidad y caudal del río Arenilla. Los resultados obtenidos, demostraron la rentabilidad del este sistema con la instalación de un 3,8 kWh/día, como también se determinando los kW generados en el año se tendría sería 1 387Kw anuales. La empresa eléctrica en la provincia de El Oro, su precio en kWh es de 0,09 \$, es por ello que en un año se tendría que 1 182,6\$ Obteniéndose que en 9,4 años se recuperará el dinero, Según su inversión del proyecto 11 408,93 \$.

Conclusiones: Debido a el período de recuperación en relación a la vida útil de la instalación es beneficioso, ya que solo será necesario reemplazar el banco de baterías una vez que hayan alcanzado sus 20 años de vida útil, junto con las dos chumaceras. [5]

Tesis: SISTEMA DE GENERACIÓN DE ENERGÍA ELÉCTRICA BASADO EN LA TURBINA DE GORLOV PARA LA PLANTA DE TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES DE SAN SILVESTRE EN EL MUNICIPIO DE BARRANCABERMEJA

Autor: Díaz Roldan Jaime Esneyder, Sanchez Vargas Harbey Alberto

Año: 2020

País: Colombia

Resumen:

Se desarrolló un sistema de generación de energía eléctrica utilizando turbinas de tipo Gorlov, para satisfacer un cierto porcentaje de la demanda eléctrica. Ubicadas a la salida de una PTAR (Planta de Tratamiento de Aguas Residuales) en San Silvestre, municipio de Barrancabermeja. Se evaluó mediante SolidWorks, el modelo estático de la turbina y las condiciones de contorno. Asimismo, se utilizó el programa Flow Simulation para examinar el modelo dinámico de la turbina y determinar la eficiencia del sistema. Además, se realizó un análisis técnico-económico del sistema de generación de energía y se elaboró un presupuesto para la PTAR San Silvestre.

Resultados: El diseño obtuvo una capacidad de 16 kW de potencia eléctrica generada. Obteniendo datos mediante la solución en el SolidWorks, como la velocidad en relación con el torque es de 4,313 m/s. Para la variación de la presión en el sistema, se denota un rango de presión entre 50 192 Pa y 109 317 Pa.

Conclusiones: Se establece que la dependencia entre la velocidad angular y el coeficiente de rendimiento C_p ha sido concluida. Por lo tanto, se determina que, para lograr un mayor rendimiento y una mayor potencia utilizable, es necesario incrementar la velocidad de entrada al sistema. [6]

Tesis: DISEÑO Y CONSTRUCCIÓN DE UN SISTEMA DE GENERACIÓN ELÉCTRICA UTILIZANDO ENERGÍA HIDRÁULICA DE CANALES DE RIEGO

Autor: Acosta Peña Alex Vinicio; Moya Cepeda Raúl Alfredo

Año: 2021

País: Ecuador

Resumen: En el presente trabajo se diseñó y construyó un sistema de generación eléctrica utilizando los canales de riego, para poder evaluar el potencial que tienen estos en la generación de electricidad. Utilizando en esta investigación el canal de riego Huachi – Pelileo.

Resultados: Durante las pruebas llevadas a cabo en el taller, se logró obtener una potencia máxima de 422,1 Watts, lo cual confirmó el adecuado rendimiento del sistema de generación. Se realizó una simulación en la rueda utilizando el software SolidWorks obteniendo 1085,55 Nm de torque promedio, determinando su potencia mecánica de 0,906 kW.

Conclusiones: Debido a la situación de emergencia sanitaria por Covid-19, las pruebas del sistema de generación se llevaron a cabo en un taller. Durante estas pruebas, se registró un valor máximo de 60,3 voltios y una intensidad de 7 Amperios, lo que resultó en una potencia máxima de 422,1 Watts. Sin embargo, es posible que este valor puede aumentar y alcanzar la potencia determinada en la investigación si se realizan pruebas adicionales en el canal correspondiente. Esto se debe a que, al realizar estas pruebas en el canal, se ejercerá una mayor fuerza del agua sobre los álabes de la turbina, lo que aumentará el torque y, en consecuencia, la potencia generada. [7]

Tesis: DISEÑO DE UNA TURBINA HIDROCINÉTICA DE EJE HORIZONTAL PARA RÍOS

Autor: Micolta Aragón Gilberto Andrés

Año: 2021

País: Colombia Universidad Tecnológica de Pereira

Resumen: Se diseñó la turbina hidrocínética de eje horizontal ubicado en el río de la cuenca del Pacífico, la cual posee una velocidad de 2,5 m/s, además de diseñar una caja multiplicadora para mantener la velocidad de giro de 400 rpm, teniendo como finalidad abastecer de energía eléctrica a las comunidades ribereñas.

Resultados: Se obtuvo un diseño destinado con una capacidad de 4 kW de potencia eléctrica generada. En el diseño de la caja multiplicadora se pudo observar que aumenta la velocidad de 48 a 434 rpm, obteniendo también los pares torsores mediante la simulación computacional.

Conclusiones: Se concluye que la geometría usada para crear las aspas, al ser evaluada mediante cálculos de flujo de fluidos, reveló que la presión en la parte inferior es mayor que en la parte superior. Por consiguiente, se produce una disparidad de presiones que, al intentar equilibrarse, origina una fuerza perpendicular al flujo del agua. Esta fuerza se denomina fuerza de sustentación y es responsable de generar el torque que hace girar la turbina. [8]

2.1.2 Nacional

Tesis: IMPLEMENTACIÓN DE UNA TURBINA HIDROKINÉTICA DE EJE HORIZONTAL, PARA GENERACIÓN DE ENERGÍA ELÉCTRICA EN CANALES FLUVIALES DE ZONAS RURALES

Autor: Osmer Tantaleán Barboza, Cristian Enrique Polo Vallejos

Año: 2020

País: Perú

Resumen: En el presente trabajo se realizó con la finalidad de poder generar energía eléctrica en las zonas rurales, para así poder aprovechar la energía hidráulica de los canales artificiales pluviales para riego. De manera que se diseñó, manufacturó, instaló y probó en el lugar, utilizando un prototipo de turbina hidrocínética de eje horizontal, de manera que seleccionó la turbina llamada rueda hidráulica de alimentación inferior. Por la facilidad de transporte y construcción, se realizará el estudio en el canal de regadío llamado Chililique, ubicado en la provincia de Jaén que posee una longitud de 4,5 Km, canal posee un caudal de 4,62 m³/s.

Resultados: Se utilizó la turbina hidrocínética de eje horizontal, se determinó que para poder obtener un voltaje mínimo de 12 V. Es necesario que la velocidad de giro del eje del generador eléctrico mínimo sea de 1 535 RPM, con una frecuencia de 53 Hz. El generador tendrá las siguientes especificaciones técnicas: una velocidad síncrona de 1 200 rpm, 6 polos, una potencia aparente de 700 Watts y una frecuencia de 60Hz.

Conclusiones: Se obtuvo una eficiencia energía mecánica de al menos 34%. Con la fabricación de la turbina dada por el diseño y por el proceso de manufactura metalmecánica, ha permitido utilizar el potencial hidráulico del canal, en un 13,64%, dando como resultado 1 711W debido a su sección transversal frente al flujo del agua. [9]

2.1.3 Regional

No se encontró antecedentes de la región

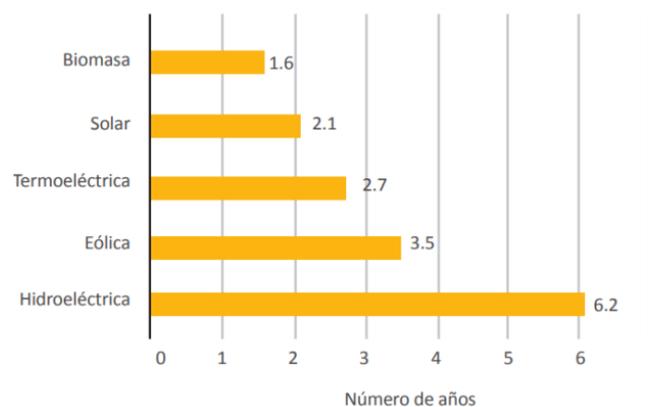
2.2 Bases teóricas – científicas

2.2.1 Energía hidráulica

La energía hidráulica se obtiene al aprovechar el flujo de agua que se transporta a través de sistemas de conducción desde un embalse de almacenamiento hasta la parte inferior del sistema, donde se encuentran las turbinas encargadas de convertir la energía potencial en energía cinética. Dado que el recurso utilizado para el proceso de generación proviene de los afluentes hídricos que aportan al embalse, resulta crucial determinar el volumen del régimen de lluvias para los distintos afluentes que componen la cadena de generación. [10]

En los últimos años, Perú ha sido objeto de estudio para evaluar el potencial de los recursos energéticos renovables (RER), con especial énfasis en la energía hidráulica y solar. La Ilustración 1 muestra el progreso de la generación de energía eléctrica desde 1997 hasta 2018. Según el gráfico, se observa una disminución en la contribución de las centrales hidroeléctricas en comparación con el año 2000, pero a pesar de ello, la producción total de energía eléctrica sigue una tendencia positiva. [11]

Ilustración 1 : Tiempo promedio de puesta en operación de las centrales RER

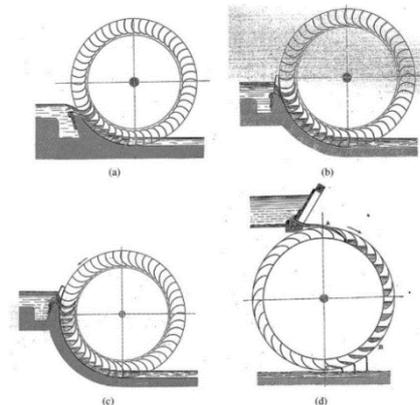


Fuente: [11]

2.2.2 Rueda hidráulica

Diseño de ruedas hidráulicas en el campo de la energía hidráulica, se pueden utilizar diferentes tipos de máquinas para convertir la energía hidráulica en energía mecánica. Una de las energías mecánicas aplicadas es que la energía cinética se puede obtener del flujo de agua que mueve la rueda hidráulica. Entonces, en base a la clasificación del tipo de motor generador hidroeléctrico son convertidores de presión hidrostática (CPH). El CPH es como ruedas hidráulicas de gravedad (undershot, breastshot y overshot) y tornillos de Arquímedes. La rueda se coloca directamente en la corriente que fluye rápidamente y se sostiene desde arriba. El movimiento del agua debajo crea un movimiento de empuje contra la paleta sumergida en la parte inferior de la rueda, lo que le permite girar en una sola dirección en relación con la dirección del flujo de agua. Se requiere que una gran cantidad de agua se mueva a una velocidad (V_0). La rueda hidráulica debe encajar muy bien en el canal para que el movimiento de las paletas en la rueda hidráulica se acelere, lo que da como resultado una rotación más rápida. Y cuanto más rápido gire, mayor será la cantidad de electricidad que se producirá. [12]

Ilustración 2 .(a) Rueda Hidráulica undershot, (b) Rueda Hidráulica de entrada de agua por costado medio, (c) Rueda Hidráulica de entrada de agua por costado alto, (d) Rueda Hidráulica overshot.



Fuente: [7]

2.2.3 Tipos de rueda hidráulica

Pueden categorizarse según el mecanismo para captar energía del agua (alabes), así como por la forma en que el agua impacta sobre ellas. [13]

2.2.3.1 Rueda hidráulica Undershot

Existen dos tipos:

2.2.3.1.1 Impulsión inferior: El curso de agua que fluye hacia la rueda con una profundidad H se encuentra con una compuerta hidráulica que restringe la sección transversal del canal, lo que hace que, de acuerdo con la ecuación de conservación de caudal, la velocidad de salida del fluido aumente antes de chocar los álabes de la rueda, aumentando la transferencia de energía mecánica hacia el sistema. En este caso la compuerta hidráulica haría la función de "inyector" sobre la rueda. [13]

2.2.3.1.2 De paso: El curso de agua fluye de manera natural hacia los álabes de la rueda generando momento desde la parte inferior. La fuerza del agua es la que mueve el sistema. En esta investigación se utilizará este tipo debido a que no se quiere modificar el canal, ya que es uno de los principales canales de riego. [13]

2.2.3.2 Rueda hidráulica Breatshot

También conocido como rueda de flujo lateral, siendo alimentada por el costado de la rueda a una altura H de manera que esta es mayor o igual al radio r de la rueda, pero menor al diámetro total de la misma, de manera que se cumple la relación:

$$r \leq H < d$$

Este tipo se caracteriza por que la rueda se encuentra parcialmente sumergida en el fluido, de manera que el fluido transmite movimiento a lo largo de un arco que abarca 90° respecto al ingreso y descarga del flujo. [13]

2.2.3.3 Rueda hidráulica Overshot

La alimentación superior Los cajones se encuentran ubicado en la periferia de la rueda de modo que puedan almacenar el agua de manera que el peso adicional sobre los cajones genere una rotación del sistema. Producto de esto el agua va transfiriendo energía a la rueda a medida que escurre por el cajón hasta que es depositada en el canal de desagüe.

El tamaño del diámetro de la rueda generalmente está determinado por la altura del salto de agua disponible. En este tipo de sistemas, es crucial lograr un flujo uniforme para que el agua adquiera una velocidad de salida adecuada. Además, en la parte inferior de la rueda, se debe mantener una altura de 10 a 20 centímetros para evitar pérdidas de energía debido a la diferencia entre las direcciones del movimiento de la rueda y el flujo de agua en la descarga. Debido a estas características, este tipo de sistema se considera más como una turbina Pelton que una rueda hidráulica convencional. [13]

2.2.4 Multiplicador de velocidad

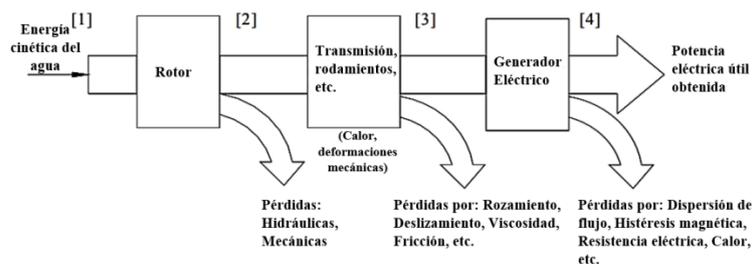
El multiplicador de velocidad convierte las bajas revoluciones por minuto por los ejes de la turbina en las altas revoluciones requeridas por el generador para producir electricidad. Convierte la potencia de alto par de la rotación lenta del rotor de la turbina eólica en potencia de alta velocidad y bajo par utilizada por el generador. [14]

Una solución alternativa al uso de un multiplicador de velocidad es usar un generador con una gran cantidad de pares de polos cuya velocidad síncrona se reduce. Esta alternativa tiene la ventaja de evitar pérdidas multiplicadoras, pero la desventaja es el mayor tamaño y costo del generador no estándar. [15]

2.2.5 Plantas de generación hidroeléctricas

Una planta de generación hidroeléctrica es responsable de transformar la energía del agua que fluye o que se encuentra en constante movimiento en electricidad a través de turbinas y generador síncrono como se muestra en la siguiente figura [7]

Ilustración 3. Proceso de conversión de energía.



Fuente: [7]

2.2.6 Software SolidWorks

Software de diseño 3D CAD (Computer Aided Design) para modelado 3D y dibujo 2D de piezas y ensamblajes. El software proporciona diversas soluciones que abarcan todos los aspectos relacionados con el proceso de desarrollo del producto. Sus productos ofrecen la capacidad de generar, diseñar, simular, fabricar, publicar y gestionar datos de los procesos de diseño. [16]

2.2.6.1 Análisis, cálculo y validación: SOLIDWORKS Simulation

El software de verificación y cálculo de simulación de SOLIDWORKS adapta los diseños a las condiciones que experimentan en la vida real, lo que mejora la calidad del producto y reduce los costos de creación de prototipos. Sus principales características son las siguientes: [16]

- Produce menos prototipos porque un producto que simula un entorno real puede configurarse y probarse antes de fabricarse. De esta manera, se evitan errores costosos y los productos llegan al mercado más rápido. [16]
- Evalúa el rendimiento del producto para mejorar su eficiencia y controlar su ciclo de vida desde las primeras etapas de diseño. Gracias al análisis de la simulación se mejoró el diseño y se ajustó el producto de acuerdo a los resultados obtenidos. [16]

Los productos asociados a SOLIDWORKS Simulation son los siguientes:

- SOLIDWORKS Simulation con tres paquetes disponibles: Simulation Professional, Standard y Premium [16]
- SOLIDWORKS Plastics dedicado a la simulación de moldes y piezas de plástico con tres paquetes disponibles: SOLIDWORKS Plastics Standard, Professional y Premium. [16]
- SOLIDWORKS Flow Simulation dedicado a la dinámica de fluidos. [16]

2.2.7 Simulink

Es una plataforma de diagramas de bloques que se emplea para el diseño de sistemas con modelos multidominio. Permite simular los sistemas antes de su implementación en hardware y desplegarlos sin la necesidad de escribir código. [17]

2.2.7.1 Simscape Electrical

Posee una variedad de librerías de componentes para modelar y simular sistemas eléctricos, mecatrónicos y electrónicos. Estas incluyen modelos de motores, semiconductores y componentes para una amplia gama de aplicaciones, como accionamientos electromecánicos, redes inteligentes y sistemas de energía renovable. Estos componentes pueden ser utilizados para evaluar arquitecturas de circuitos analógicos, desarrollar sistemas mecatrónicos con transmisión eléctrica y analizar la generación, conversión, transmisión y consumo de energía en una red eléctrica. De manera que facilita el desarrollo de sistemas de control y permite probar el rendimiento a nivel de sistema. [17]

2.2.8 Generador eléctrico

Un generador eléctrico es una máquina rotatoria que puede producir energía eléctrica mediante la conversión de energía mecánica. Normalmente, este tipo de equipos producen electricidad a partir de otro tipo de fuente de energía proveniente de la naturaleza, como puede ser la nuclear, eólica, vapor, aire comprimido, hidráulica, etc. Según la ley de Faraday, al girar una bobina en un campo magnético, hay un cambio en la corriente en el campo magnético, lo que crea una corriente eléctrica. El generador eléctrico consta de tres componentes principales:

- Rotor: Es la parte móvil impulsada por el motor.
- Estator: Es la estructura en la que gira el rotor.
- Motor de accionamiento: Su diseño varía según el tipo de energía utilizado para generar el movimiento, por ejemplo, una turbina utilizada para agua o vapor. [18]

2.2.9 Tipos de generador

Existen dos tipos que son mayormente usados en las pequeñas centrales hidroeléctricas:

- Generadores síncronos.
- Generadores asíncronos o de inducción.

La principal diferencia entre los dos tipos de generadores es el tipo de excitación, los generadores síncronos funcionan de manera autónoma y los generadores de

inducción requieren de una red externa o banco de condensadores para funcionar.
[19]

2.2.10 Generador síncrono

Se encarga de suministrar a la red que es mayor potencia. Se encuentra conectado a una red estable (frecuencia es fija) al aumentar la carga la rueda polar mantiene su velocidad, pero aumenta el adelanto o ángulo de la carga en relación con el campo rotativo.

Los generadores que se encuentran conectados a la red actúan como condensador cuando se encuentran sobreexcitados y como inductancia en caso contrario. Además, este tipo de generadores se pueden conectar en paralelo con otros generadores síncronos o a una red, si los valores instantáneos de las tensiones terminales de los dos generadores conectados son permanentemente idénticos. Es por ello que es necesario la misma secuencia fase, frecuencia e igual valor efectivo de las tensiones. [20]

2.2.11 Generador asíncrono

Debe estar conectado a una red, pues si no lo está habría campo rotativo. Debido al control de la potencia reactiva, al igual que en los generadores síncronos. Además, toman la red de la potencia reactiva con la finalidad de suministrar potencia activa. Siendo su velocidad de giro es mayor a la del campo rotativo, normalmente son usados en pequeñas centrales. [20]

3 METODOLOGÍA

3.1 Tipo y nivel de investigación

3.1.1 Tipo

Será de tipo aplicada ya que parte de los conocimientos previamente adquiridos se utilizarán como aplicación en otro fin para obtener su solución.

3.1.2 Nivel

Siendo de alcance descriptivo por que se describirá el funcionamiento del sistema de generación de electricidad

3.2 Población y muestra

La unidad de estudio es la rueda hidráulica y la población los sistemas hidráulicos de generación de energía.

3.3 Operación de variables

Variable independiente

Diseño de la rueda (diámetro de los álabes, rodete, estructura). Determinando la velocidad del eje y torque. Sistema de transmisión y selección del generador.

Variable dependiente

La velocidad de flujo del agua y el área del canal artificial

Ilustración 4. Cuadro de Variable independiente y dependiente.

VARIABLE	DEFINICIÓN CONCEPTUAL	DEFINICIÓN OPERACIONAL	DIMENSIONES	INDICADORES	ITEMS
VARIABLE INDEPENDIENTE	La corriente de agua tiene el potencial de generar energía hidráulica. El diseño de un sistema de generación eléctrica aprovecha esta energía al transformarla en energía mecánica mediante la utilización de sus componentes. Al acoplar el eje del sistema mencionado al generador eléctrico, es posible generar energía eléctrica.	El sistema se encuentra conformado por sistema de transmisión, el generador eléctrico y la rueda hidroeléctrica	Sistema de transmisión	Diámetro de la polea	m
			Generador Eléctrico	Potencia	kW
DISEÑO DE SISTEMA DE GENERACIÓN DE ELÉCTRICA	La energía potencial del agua es aquella que posee debido a su altura relativa en relación con un punto de referencia y que se transforma en energía cinética cuando esta comienza a fluir.	La energía cinética, en un canal de irrigación se dará por la velocidad de flujo de agua y el área del ya mencionado	Rueda eléctrica	Diámetro	m
				Curvatura del álabe	Grados
				Número de álabes	-
				Velocidad de eje	RPM
			Torque	N.m	
VARIABLE	DEFINICIÓN CONCEPTUAL	DEFINICIÓN OPERACIONAL	DIMENSIONES	INDICADORES	ITEMS
VARIABLE DEPENDIENTE	La energía potencial del agua es aquella que posee debido a su altura relativa en relación con un punto de referencia y que se transforma en energía cinética cuando esta comienza a fluir.	La energía cinética, en un canal de irrigación se dará por la velocidad de flujo de agua y el área del ya mencionado	Energía eléctrica	Velocidad de flujo del agua	m/s
ENERGÍA HIDRÁULICA DEL CANAL TAYMI				Área	m ²

Fuente: Elaboración Propia

3.4 Técnicas e instrumentos de la recolección de datos

Objetivos	Técnicas	Instrumentos
1. Calcular el consumo energético de los componentes del parque de las aguas en Mesones Muro.	Recopilación de datos	Se usará como herramienta de apoyo la pinza amperimétrica
2. Definir el potencial energético que posee el canal Taymi, en base a su caudal.	Documentos	Solicitud de información estadística a PEOT (Proyecto Especial Olmos Tinajones)
3. Diseñar la rueda hidráulica en función de la potencia necesitada y la capacidad de energía hidráulica obtenida.	Consultas a investigaciones anteriores/ Consulta a fuentes bibliográficas	Fuentes bibliográficas/Software Flow Simulation y Microsoft Excel
4. Evaluar el sistema de transmisión de potencia entre la rueda y el generador.	Consultas a investigaciones anteriores/ Consulta a fuentes bibliográficas	Fuentes bibliográficas/ Software Simulink
5. Determinar la factibilidad del proyecto mediante análisis de costo.	Consultas a investigaciones anteriores/ Consulta a fuentes bibliográficas	Fuentes bibliográficas/ Software Microsoft Excel

3.5 Matriz de consistencia

Ilustración 5. Matriz de consistencia.

DISEÑO DE RUEDA HIDRÁULICA APROVECHANDO EL CAUDAL DEL CANAL TAYMI PARA GENERAR ENERGÍA ELÉCTRICA EN EL DISTRITO DE MESONES MURO				
PROBLEMA	OBJETIVOS	HIPOTESIS	VARIABLES	METODOLOGIA
¿Será factible que el diseño del sistema de generación de energía eléctrica para suministrar al parque de las aguas de Mesones Muro?	GENERAL	GENERAL	VARIABLE INDEPENDIENTE	DISEÑO INVESTIGACION
	Diseñar un sistema de generación de energía eléctrica aprovechando el caudal del canal Taymi, que brinde suficiente potencia para el funcionamiento del parque de las aguas de Mesones Muro.	Si se realiza sistema de generación de energía eléctrica, entonces, se generará 119.55 kW para el funcionamiento del parque de las aguas de Mesones Muro.	Diseño de sistema de generación de energía eléctrica	Tipo aplicada -correlacional con utilización del software SolidWorks
			INDICADORES	TECNICA: RECOLECCION DE DATOS
	ESPECIFICOS	ESPECIFICOS	DIAMETRO DE LA POLEA POTENCIA DEL GENERADOR DIAMETRO DE RUEDA CURVATURA DEL ALABE NUMERO DE ALABE VELOCIDAD DEL EJE TORQUE	En este proyecto de investigación se usará la recolección de datos sobre la energía hidráulica del canal y revisión de investigaciones relacionadas sobre la rueda hidráulica
	Determinar la cantidad de potencia total necesitada para mantener en funcionamiento los equipos del parque de las aguas en Mesones Muro.	Si se determinar la cantidad de potencia total necesitada, entonces, se podrá seleccionar el tipo de generador eléctrico que se utilizará para abastecer el parque.	VARIABLE DEPENDIENTE	POBLACION DE MUESTRA
	Examinar la capacidad de energía hidráulica que posee el canal Taymi, en base a su caudal.	Si se examina la capacidad de energía hidráulica del canal, entonces, se podrá determinar velocidad de giro, caudal y par en el eje de la rueda.	Energía hidráulica del canal Taymi	La unidad de estudio es la rueda hidráulica acoplado a un generador para la generación de energía eléctrica
	Calcular los valores de diseño para la rueda hidráulica en función de la potencia necesitada y la capacidad de energía hidráulica obtenida.	Si se obtiene los valores de potencia y capacidad de energía requerida, entonces, se calculará los valores óptimos de diseño para la rueda utilizando el software SolidWorks.	INDICADORES	
	Diseñar el sistema de transmisión de potencia entre la rueda y el generador.	Si se realiza el diseño del sistema de transmisión entre la rueda y el generador, entonces, se podrá aumentar o disminuir la velocidad del eje que llegará al generador.	VELOCIDAD DEL AGUA ÁREA DEL CANAL	La población serán los sistemas hidráulicos de generación de energía eléctrica
Determinar la factibilidad del proyecto mediante análisis de costo.	Si se determinar la factibilidad del proyecto entonces se podrá saber ganancias potenciales que tendrá el proyecto			

Fuente: Elaboración Propia

4 RESULTADOS

4.1 Cálculo de Potencia eléctrica del parque de Mesones Muro

Se consideró por medio de un expediente y basándose en tesis en la que se utilizó instrumentos de medición. Obteniendo los datos de los circuitos eléctricos que se emplean en el Parque de las aguas de Mesones Muro. Teniendo un cuadro de cargas. [3]

Tabla 1. Cuadro de cargas del parque de Mesones Muro

CUADRO DE CARGAS DEL PARQUE DE LAS AGUAS DE MESONES MURO [3]						
ITEM	CIRCUITOS DEL TABLERO PRINCIPAL	CANTIDAD	POTENCIA (KW)	POTENCIA INSTALADA (KW)	fd (factor de demanda)	MAX.DEM. (KW)
1	LUMINARIAS TIPO FAROLA ESFERICA C/LAMPARA DE VAPOR DE SODIO 70W	156	0,07	10,92	0,25	2,7
2	LUMINARIA SUMERGIBLE LED	24	0,045	1,08	0,25	0,3
3	REFLECTORES DE PISO LED	12	0,045	0,54	0,25	0,1
4	LUMINARIA DE PISO LED	6	0,045	0,27	0,25	0,1
5	TOMACORRIENTE PARA LA PERGOLA	12	0,100	1,2	0,25	0,3
6	BOMBA CENTRIFUGA DE 10 HP	15	7,457	111,9	0,25	28,0
7	BOMBA CENTRIFUGA DE 2 HP	1	1,491	1,5	0,25	0,4
8	BOMBA SUMERGIBLE DE 3 HP	9	2,237	20,1	0,25	5,0
9	BOMBA SUMERGIBLE DE 3.3 HP	1	2,461	2,5	0,25	0,6
10	BOMBA SUMERGIBLE DE 4 HP	1	2,983	3,0	0,25	0,7
11	RESERVA	1	2,000	2,00	0,25	0,5
TOTAL				154,93		38,73
Obteniendo:						
a)Potencia Instalada de los equipos		154,93	KW			
b)Máxima Demanda		38,73	KW		FS(factor de simultaneidad) 0,7	
c)Máxima Demanda Comercial al contratar (MD*FS)		27,11	KW			

Fuente: [3]

4.2 Consumo de Energía eléctrica del Parque de Mesones Muro

Se ha obtenido la potencia instalada en los equipos es de 156,30 kW y la máxima de demanda es de 38,76 kW.

La potencia total del Parque ubicado en Mesones Muro, siendo de 27,11 kW durante 6 horas al día, lo cual da un consumo de energía de 162,68 kWh/día.

4.3 Caudal anual del Canal Taymi km 31 + 270

Mediante la información proporcionada por el PEOT, debido a que no tiene una estructura de medición que nos permita realizar una evaluación en el punto km 31 + 270 del Canal Taymi, debido a que existen bombes informales, de los cuales no se tiene un dato concreto. Es por ello que, por recomendación del ingeniero encargado de ese estudio, para poder encontrar el caudal en el km requerido se tomará caudal total del KM 1+050 y descontar la suma de las tomas laterales (Canal Tumán Jarrín, Canal Luya Chucupe, Canal San Miguel, Canal Fala-Falita y Canal Carrizo).

Tabla 2. Caudal promedio 2022 del Canal Taymi Km 1+050

PROYECTO ESPECIAL OLMOS TINAJONES OPERACIÓN Y MANTENIMIENTO SISTEMA MAYOR - TINAJONES												
CAUDALES PROMEDIOS DIARIOS (KM 1+050) CANAL TAYMI m ³ /s.												
	Ene-22	Feb-22	Mar-22	Abr-22	May-22	Jun-22	Jul-22	Ago-22	Set-22	Oct-22	Nov-22	Dic-22
1	33,947	47,506	40,791	28,811	16,211	12,236	9,536	7,101	-	-	-	-
2	34,967	47,859	40,743	26,230	17,054	12,238	8,836	6,935	-	-	1,346	-
3	39,391	44,977	38,642	25,567	17,866	12,522	8,780	7,558	-	-	14,371	-
4	39,700	43,466	28,086	25,882	17,998	13,035	8,099	7,464	-	-	12,757	-
5	39,794	42,426	32,847	25,184	17,863	11,112	8,383	7,774	-	-	11,438	-
6	39,314	41,822	35,166	27,422	15,585	-	7,818	7,475	-	-	11,722	-
7	38,779	41,934	32,841	29,928	12,540	-	8,034	7,411	-	-	10,395	-
8	38,917	42,272	35,586	31,241	12,244	-	8,524	7,494	-	-	11,127	-
9	38,507	41,126	37,447	31,748	14,485	-	8,140	7,554	-	-	10,152	-
10	41,743	38,671	37,533	30,342	14,699	-	8,086	8,550	-	-	11,427	-
11	41,491	37,471	38,433	32,350	17,682	-	7,988	8,190	-	-	11,307	-
12	41,920	38,162	39,191	31,569	16,523	1,769	7,277	8,482	-	-	11,502	-
13	42,877	37,448	40,952	30,333	14,147	13,216	8,700	9,158	-	-	12,591	-
14	43,897	38,354	42,057	31,144	13,580	12,616	8,442	8,895	-	-	12,026	-
15	43,272	36,175	42,247	30,120	12,573	13,571	8,159	8,432	-	-	12,423	-
16	42,307	38,114	43,000	27,883	12,658	14,382	7,901	8,684	-	-	12,107	-
17	45,958	38,624	42,085	26,091	10,844	13,924	7,928	8,806	-	-	11,762	-
18	47,044	38,413	40,980	26,678	12,726	13,407	8,372	9,822	-	-	10,534	-
19	47,508	37,142	40,767	30,561	14,325	12,930	8,360	9,654	-	-	11,070	-
20	45,891	36,152	41,687	31,338	13,675	12,076	8,329	9,057	-	-	10,442	-
21	47,806	35,681	42,576	31,605	13,316	12,020	7,657	9,736	-	-	10,949	-
22	47,298	37,236	42,452	27,189	12,575	12,228	7,627	9,775	-	-	11,262	-
23	46,811	38,054	41,928	22,192	14,321	11,801	7,509	9,474	-	-	11,377	-
24	46,047	33,677	37,926	20,205	13,405	12,066	7,837	10,605	-	-	11,838	-
25	3,795	12,782	36,341	20,313	13,861	10,921	8,276	11,358	-	-	10,289	-
26	44,743	41,421	36,332	20,734	13,032	10,553	8,029	11,408	-	-	10,893	-
27	53,331	40,835	35,956	22,270	11,131	10,972	7,867	12,838	-	-	10,587	-
28	52,909	40,593	36,347	22,034	11,455	10,756	8,803	11,112	-	-	11,432	-
29	51,324		34,326	21,622	10,552	10,152	8,139	-	-	-	12,911	-
30	50,698		31,283	17,529	11,211	9,984	7,400	-	-	-	12,528	-
31	47,851		29,101		12,326		7,791	-	-	-	10,788	-
SUMA	1 319,837	1 088,393	1 175,649	806,115	432,463	280,487	252,627	250,802	-	335,353	-	-
PRO	42,575	38,871	37,924	26,871	13,950	9,350	8,149	8,090	0,000	10,818	#DIV/0!	#DIV/0!
MAX	53,331	47,859	43,000	32,350	17,998	14,382	9,536	12,838	0,000	14,371	0,000	0,000
MIN	3,795	12,782	28,086	17,529	10,552	0,000	7,277	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
MASA	114 033 917	94 037 155	101 576 074	69 648 336	37 364 803	24 234 077	21 826 973	21 669 293	-	28 974 499	-	-

Fuente: Área de Operaciones-Hidrometría

Fuente: [21]

Tabla 3. Caudal promedio 2022 del Canal Tumán Jarrín

PROYECTO ESPECIAL OLMOS TINAJONES OPERACIÓN Y MANTENIMIENTO SISTEMA MAYOR - TINAJONES												
DESCARGAS DIARIAS DEL CANAL TUMAN JARRÍN m ³ /s.												
	Ene-22	Feb-22	Mar-22	Abr-22	May-22	Jun-22	Jul-22	Ago-22	Set-22	Oct-22	Nov-22	Dic-22
1	0,400	0,300	0,400	0,200	0,200	0,200	0,200	0,500	-	-	-	-
2	0,400	0,300	0,400	0,200	0,200	0,200	0,200	0,500	-	-	-	-
3	0,400	0,300	0,400	0,225	0,200	0,200	0,150	0,500	-	0,225	-	-
4	0,425	0,300	0,329	0,300	0,200	0,200	-	0,500	-	0,300	-	-
5	0,500	0,300	0,279	0,300	0,200	0,192	-	0,500	-	0,300	-	-
6	0,500	0,325	0,250	0,300	0,200	-	-	0,275	-	0,300	-	-
7	0,500	0,400	0,288	0,300	0,200	-	-	0,250	-	0,300	-	-
8	0,500	0,400	0,271	0,300	0,200	-	-	0,400	-	0,300	-	-
9	0,525	0,400	0,300	0,300	0,400	-	-	0,400	-	0,288	-	-
10	0,600	0,400	0,300	0,325	0,400	-	-	0,400	-	0,200	-	-
11	0,600	0,400	0,300	0,400	0,400	-	-	0,400	-	0,200	-	-
12	0,600	0,400	0,375	0,400	0,400	-	-	0,400	-	0,200	-	-
13	0,600	0,375	0,425	0,400	0,400	0,383	-	0,200	-	-	-	-
14	0,600	0,300	0,500	0,400	0,400	0,400	-	0,375	-	0,200	-	-
15	0,600	0,300	0,500	0,400	0,200	0,400	-	0,300	-	0,200	-	-
16	0,600	0,300	0,500	0,400	0,200	0,400	-	0,300	-	0,200	-	-
17	0,600	0,300	0,300	0,375	0,200	0,400	0,100	0,300	-	0,200	-	-
18	0,600	0,300	0,300	0,300	0,200	0,400	0,400	0,300	-	0,200	-	-
19	0,600	0,300	0,300	0,300	0,200	0,375	0,400	0,375	-	0,200	-	-
20	0,600	0,350	0,275	0,300	0,200	0,300	0,300	0,600	-	0,200	-	-
21	0,600	0,500	0,225	0,300	0,200	0,300	0,200	0,625	-	0,200	-	-
22	0,600	0,500	0,300	0,300	0,195	0,300	0,200	0,700	-	0,200	-	-
23	0,600	0,500	0,300	0,263	0,180	0,300	0,200	0,700	-	0,292	-	-
24	0,575	0,458	0,300	0,200	0,180	0,250	0,300	0,700	-	0,900	-	-
25	0,075	0,104	0,300	0,200	0,180	-	0,600	0,700	-	1,058	-	-
26	0,475	0,500	0,300	0,200	0,180	0,050	0,600	0,700	-	1,100	-	-
27	0,600	0,475	0,325	0,200	0,180	0,200	0,600	0,700	-	1,100	-	-
28	0,600	0,400	0,400	0,200	0,180	0,200	0,600	0,642	-	1,008	-	-
29	0,600		0,400	0,200	0,185	0,200	0,600	-	-	0,900	-	-
30	0,525		0,300	0,200	0,200	0,200	0,600	-	-	0,725	-	-
31	0,300		0,200		0,200		0,575	-	-	0,700	-	-
SUMA	16,300	10,187	10,342	8,688	7,260	6,050	6,825	13,242	-	12,196	-	-
PRO	0,526	0,364	0,334	0,290	0,234	0,202	0,220	0,427	0,000	0,393	#DIV/0!	#DIV/0!
MAX	0,600	0,500	0,500	0,400	0,400	0,400	0,600	0,700	0,000	1,100	0,000	0,000
MIN	0,075	0,104	0,200	0,200	0,180	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
MASA	1 408 320	880 157	893 549	750 643	627 264	522 720	589 680	1 144 109	-	1 053 734	-	-

Fuente: Área de Operaciones-Hidrometría

Fuente: [21]

Tabla 4. Caudal promedio 2022 del Canal Luya Chucupe

PROYECTO ESPECIAL OLMOS TINAJONES OPERACIÓN Y MANTENIMIENTO SISTEMA MAYOR - TINAJONES												
DESCARGAS DIARIAS DEL CANAL LUYA CHUCUPE m ³ /s.												
	Ene-22	Feb-22	Mar-22	Abr-22	May-22	Jun-22	Jul-22	Ago-22	Set-22	Oct-22	Nov-22	Dic-22
1	3,400	2,500	2,500	2,100	1,300	0,900	0,700	0,500	-	-	-	-
2	3,400	2,500	2,525	2,042	1,300	0,900	0,700	0,500	-	-	-	-
3	2,800	2,500	2,600	1,900	1,300	0,900	0,700	0,500	-	0,992	-	-
4	2,775	2,500	2,121	2,100	1,300	0,900	0,700	0,500	-	1,200	-	-
5	2,700	2,500	1,950	2,100	1,300	0,863	0,700	0,500	-	1,200	-	-
6	2,700	2,500	2,208	1,850	1,300	-	0,700	0,650	-	1,200	-	-
7	2,700	2,175	2,527	1,100	1,300	-	0,700	0,717	-	1,167	-	-
8	2,517	2,200	2,523	1,100	1,300	-	0,608	0,900	-	1,100	-	-
9	2,500	2,200	2,600	1,100	1,017	-	0,500	0,900	-	1,067	-	-
10	2,500	2,200	2,600	1,100	0,900	-	0,500	0,900	-	0,900	-	-
11	2,500	2,200	2,567	2,375	0,900	-	0,575	0,900	-	0,900	-	-
12	2,500	2,200	2,313	2,400	0,900	-	0,600	0,900	-	0,900	-	-
13	2,500	2,175	2,100	2,400	0,900	1,129	0,600	0,900	-	0,900	-	-
14	2,500	2,100	2,483	2,350	0,900	1,200	0,600	0,900	-	0,900	-	-
15	2,500	2,100	2,500	2,300	0,900	1,200	0,567	0,975	-	0,900	-	-
16	2,500	2,100	2,500	2,300	0,775	1,200	0,500	1,000	-	0,900	-	-
17	2,575	2,100	2,500	2,300	0,800	1,200	0,500	1,000	-	0,900	-	-
18	2,600	2,100	2,317	2,100	0,800	1,200	0,500	1,000	-	0,900	-	-
19	2,600	2,100	2,300	2,100	0,800	1,200	0,500	0,950	-	0,742	-	-
20	2,600	2,100	2,300	2,100	0,775	1,025	0,500	0,800	-	0,700	-	-
21	2,600	2,375	2,300	2,100	0,700	0,900	0,500	0,800	-	0,700	-	-
22	2,558	2,400	2,375	2,100	0,700	0,900	0,500	0,800	-	0,700	-	-
23	2,500	2,325	2,400	2,100	0,700	0,900	0,500	0,800	-	0,683	-	-
24	3,021	2,108	2,400	2,100	0,700	0,900	0,492	0,800	-	0,575	-	-
25	0,388	0,479	2,175	2,575	0,700	0,900	0,400	0,800	-	0,442	-	-
26	2,454	2,467	1,900	2,600	0,700	0,900	0,400	0,771	-	0,400	-	-
27	3,275	2,500	1,900	2,400	0,700	0,767	0,400	0,700	-	0,400	-	-
28	3,200	2,500	2,225	2,275	0,700	0,700	0,400	0,642	-	0,492	-	-
29	2,900		2,100	1,942	0,717	0,700	0,400	-	-	0,538	-	-
30	2,900		2,067	1,517	0,900	0,700	0,400	-	-	0,675	-	-
31	2,500		2,100		0,900		0,408	-	-	0,700	-	-
SUMA	81,663	62,204	71,976	60,926	28,884	22,084	16,750	22,005	-	23,773	-	-
PRO	2,634	2,222	2,322	2,031	0,932	0,736	0,540	0,710	0,000	0,767	#DIV/0!	#DIV/0!
MAX	3,400	2,500	2,600	2,600	1,300	1,200	0,700	1,000	0,000	1,200	0,000	0,000
MIN	0,388	0,479	1,900	1,100	0,700	0,000	0,400	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
MASA	7 055 683	5 374 426	6 218 726	5 264 006	2 495 578	1 908 058	1 447 200	1 901 232	-	2 053 987	-	-

Fuente: Área de Operaciones-Hidrometría

Fuente: [21]

Tabla 5. Caudal promedio 2022 del Canal San Miguel

PROYECTO ESPECIAL OLMOS TINAJONES												
OPERACIÓN Y MANTENIMIENTO												
SISTEMA MAYOR - TINAJONES												
DESCARGAS DIARIAS DEL CANAL SAN MIGUEL m ³ /s.												
	Ene-22	Feb-22	Mar-22	Abr-22	May-22	Jun-22	Jul-22	Ago-22	Set-22	Oct-22	Nov-22	Dic-22
1	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
2	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
3	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
4	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
5	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
6	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
7	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
8	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
9	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
10	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
11	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
12	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
13	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
14	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
15	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
16	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
17	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
18	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
19	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
20	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
21	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
22	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
23	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
24	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
25	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
26	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
27	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
28	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
29	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
30	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
31	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
SUMA	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
PRO	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	#DIV/0!	#DIV/0!
MAX	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
MIN	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
MASA	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-

Fuente: Área de Operaciones-Hidrometría

Fuente: [21]

Tabla 6. Caudal promedio 2022 del Canal Fala-Falita

PROYECTO ESPECIAL OLMOS TINAJONES												
OPERACIÓN Y MANTENIMIENTO												
SISTEMA MAYOR - TINAJONES												
DESCARGAS DIARIAS DEL CANAL FALA FALITA m ³ /s.												
	Ene-22	Feb-22	Mar-22	Abr-22	May-22	Jun-22	Jul-22	Ago-22	Set-22	Oct-22	Nov-22	Dic-22
1	1,000	1,000	1,175	0,575	0,400	0,200	0,400	0,400	-	-	-	-
2	1,000	1,000	1,200	0,600	0,267	0,200	0,400	0,400	-	-	-	-
3	1,000	1,000	0,650	0,600	0,200	0,350	0,400	0,400	-	-	0,475	-
4	1,000	1,183	0,738	0,600	0,350	0,400	0,400	0,275	-	-	0,600	-
5	1,150	1,067	0,588	0,600	0,400	0,333	0,200	0,200	-	-	0,600	-
6	1,200	1,000	0,625	0,600	0,400	0,033	0,200	0,200	-	-	0,600	-
7	1,200	1,000	0,750	0,600	0,400	-	0,350	0,217	-	-	0,600	-
8	1,200	1,000	1,200	0,600	0,200	-	0,325	0,400	-	-	0,600	-
9	1,200	1,000	1,200	0,300	0,200	-	0,200	0,400	-	-	0,600	-
10	1,100	1,000	1,200	0,600	0,200	-	0,108	0,350	-	-	0,600	-
11	1,000	1,000	1,200	0,608	0,200	-	-	0,200	-	-	0,600	-
12	0,817	0,900	1,200	0,800	0,200	-	-	0,200	-	-	0,600	-
13	0,800	1,000	1,200	0,800	0,383	0,333	-	0,200	-	-	0,600	-
14	0,800	1,000	1,200	0,800	0,400	0,400	-	0,200	-	-	0,600	-
15	0,800	1,000	1,183	0,800	0,400	0,400	-	0,200	-	-	0,517	-
16	1,000	1,000	1,000	0,800	0,400	0,400	-	0,200	-	-	0,400	-
17	1,000	1,000	1,000	0,800	0,400	0,400	0,050	0,200	-	-	0,400	-
18	1,050	1,000	1,000	0,800	0,400	0,400	0,200	0,200	-	-	0,400	-
19	1,200	0,933	1,000	0,800	0,400	0,400	0,200	0,200	-	-	0,400	-
20	1,200	0,683	1,000	0,800	0,400	0,400	0,200	0,200	-	-	0,400	-
21	1,200	0,600	1,000	0,800	0,400	0,533	0,200	0,200	-	-	0,333	-
22	1,200	0,600	1,000	0,800	0,400	0,600	0,200	0,200	-	-	0,258	-
23	1,200	0,600	1,000	0,800	0,300	0,600	0,200	0,200	-	-	0,400	-
24	1,200	0,600	1,000	0,742	0,200	0,567	0,200	0,200	-	-	0,342	-
25	0,300	0,192	0,875	0,600	0,200	0,400	0,200	0,200	-	-	0,200	-
26	0,950	1,100	0,800	0,600	0,200	0,400	0,033	0,200	-	-	0,200	-
27	1,200	1,200	0,700	0,600	0,200	0,392	0,200	0,358	-	-	0,200	-
28	1,200	1,067	0,600	0,600	0,225	0,200	0,225	0,500	-	-	0,200	-
29	1,200	-	0,375	0,475	0,400	0,392	0,400	0,113	-	-	0,200	-
30	1,200	-	0,600	0,400	0,375	0,400	0,400	-	-	-	0,200	-
31	1,050	-	0,450	0,200	0,200	0,400	0,400	-	-	-	0,200	-
SUMA	32,617	25,725	28,709	19,900	9,700	9,133	6,291	7,413	-	12,325	-	-
PRO	1,052	0,919	0,926	0,663	0,313	0,304	0,203	0,239	0,000	0,398	#DIV/0!	#DIV/0!
MAX	1,200	1,200	1,200	0,800	0,400	0,600	0,400	0,500	0,000	0,600	0,000	0,000
MIN	0,300	0,192	0,375	0,300	0,200	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
MASA	2 818 109	2 222 640	2 480 458	1 719 360	838 080	789 091	543 542	640 483	-	1 064 880	-	-

Fuente: Área de Operaciones-Hidrometría

Fuente: [21]

Tabla 7. Caudal promedio 2022 del Canal Carrizo

PROYECTO ESPECIAL OLMOS TINAJONES												
OPERACIÓN Y MANTENIMIENTO												
SISTEMA MAYOR - TINAJONES												
DESCARGAS DIARIAS DEL CANAL CARRIZO m ³ /s.												
	Ene-22	Feb-22	Mar-22	Abr-22	May-22	Jun-22	Jul-22	Ago-22	Set-22	Oct-22	Nov-22	Dic-22
1	0,800	0,600	0,600	0,400	0,200	0,400	0,400	0,400	-	-	-	-
2	0,800	0,600	0,600	0,400	0,333	0,400	0,400	0,400	-	-	-	-
3	0,800	0,600	0,600	0,400	0,400	0,400	0,358	0,400	-	0,450	-	-
4	0,800	0,600	0,600	0,400	0,400	0,400	0,200	0,400	-	0,600	-	-
5	0,800	0,600	0,600	0,400	0,400	0,233	0,058	0,400	-	0,600	-	-
6	0,800	0,600	0,600	0,400	0,400	0,058	-	0,400	-	0,600	-	-
7	0,800	0,600	0,650	0,550	0,400	-	-	0,400	-	0,600	-	-
8	0,800	0,600	0,800	0,600	0,400	-	0,075	0,400	-	0,600	-	-
9	0,800	0,600	0,800	0,600	0,400	-	0,200	0,400	-	0,600	-	-
10	0,800	0,750	0,800	0,600	0,400	-	0,200	0,400	-	0,600	-	-
11	0,800	0,800	0,800	0,600	0,400	-	0,200	0,400	-	0,600	-	-
12	0,800	0,800	0,800	0,600	0,400	-	0,200	0,400	-	0,600	-	-
13	0,800	0,800	0,800	0,600	0,400	0,350	0,200	0,350	-	0,600	-	-
14	0,800	0,800	0,800	0,600	0,400	0,400	0,200	0,200	-	0,600	-	-
15	0,800	0,800	0,742	0,575	0,400	0,400	0,200	0,200	-	0,600	-	-
16	0,800	0,800	0,600	0,400	0,400	0,400	0,200	0,200	-	0,500	-	-
17	0,800	0,800	0,600	0,400	0,400	0,400	0,200	0,200	-	0,400	-	-
18	0,750	0,800	0,600	0,400	0,400	0,400	0,200	0,200	-	0,400	-	-
19	0,600	0,800	0,600	0,400	0,400	0,400	0,200	0,258	-	0,400	-	-
20	0,600	0,800	0,600	0,400	0,400	0,400	0,200	0,400	-	0,400	-	-
21	0,600	0,800	0,600	0,400	0,400	0,400	0,200	0,425	-	0,400	-	-
22	0,600	0,800	0,600	0,400	0,400	0,400	0,200	0,600	-	0,400	-	-
23	0,600	0,800	0,600	0,400	0,333	0,400	0,200	0,600	-	0,400	-	-
24	0,600	0,800	0,600	0,400	0,200	0,400	0,200	0,600	-	0,400	-	-
25	0,225	0,233	0,600	0,333	0,200	0,400	0,200	0,600	-	0,400	-	-
26	0,475	0,708	0,600	0,200	0,200	0,400	0,200	0,600	-	0,400	-	-
27	0,600	0,600	0,742	0,200	0,200	0,400	0,200	0,800	-	0,400	-	-
28	0,600	0,600	0,592	0,200	0,200	0,400	0,200	0,800	-	0,400	-	-
29	0,600		0,400	0,200	0,325	0,400	0,200	0,175	-	0,400	-	-
30	0,600		0,400	0,200	0,400	0,400	0,200	-	-	0,400	-	-
31	0,600		0,400		0,400		0,208	-	-	0,400	-	-
SUMA	21,650	19,491	19,726	12,658	10,991	9,041	6,099	12,008		14,150		-
PRO	0,698	0,696	0,636	0,422	0,355	0,301	0,197	0,387	0,000	0,456	#DIV/0!	#DIV/0!
MAX	0,800	0,800	0,800	0,600	0,400	0,400	0,400	0,800	0,000	0,600	0,000	0,000
MIN	0,225	0,233	0,400	0,200	0,200	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
MASA	1 870 560	1 684 022	1 704 326	1 093 651	949 622	781 142	526 954	1 037 491		1 222 560		-

Fuente: Área de Operaciones-Hidrometría

Fuente: [21]

Tabla 8. Caudal promedio (Resultado)2022 del Canal Taymi km 31 +270.

PROYECTO ESPECIAL OLMOS TINAJONES												
OPERACIÓN Y MANTENIMIENTO												
SISTEMA MAYOR - TINAJONES												
DESCARGAS DIARIAS DEL CANAL CANAL TAYMI KM 31 +270 m ³ /s.												
	Ene-22	Feb-22	Mar-22	Abr-22	May-22	Jun-22	Jul-22	Ago-22	Set-22	Oct-22	Nov-22	Dic-22
1	28,347	43,106	36,116	25,536	14,111	10,536	7,836	5,301	-	-	-	-
2	29,367	43,459	36,018	22,988	14,954	10,538	7,136	5,135	-	1,346	-	-
3	34,391	40,577	34,392	22,442	15,766	10,672	7,172	5,758	-	12,229	-	-
4	34,700	38,883	24,298	22,482	15,748	11,135	6,799	5,789	-	10,057	-	-
5	34,644	37,959	29,430	21,784	15,563	9,491	7,425	6,174	-	8,738	-	-
6	34,114	37,397	31,483	24,272	13,285	(0,091)	6,918	5,950	-	9,022	-	-
7	33,579	37,759	28,626	27,378	10,240	-	6,984	5,827	-	7,728	-	-
8	33,900	38,072	30,792	28,641	10,144	-	7,516	5,394	-	8,527	-	-
9	33,482	36,926	32,547	29,448	12,468	-	7,240	5,454	-	7,597	-	-
10	36,743	34,321	32,633	27,717	12,799	-	7,278	6,500	-	9,127	-	-
11	36,591	33,071	33,566	28,367	15,782	-	7,213	6,290	-	9,007	-	-
12	37,203	33,862	34,503	27,369	14,623	1,769	6,477	6,582	-	9,202	-	-
13	38,177	33,098	36,427	26,133	12,064	11,021	7,900	7,508	-	10,491	-	-
14	39,197	34,154	37,074	26,994	11,480	10,216	7,642	7,220	-	9,726	-	-
15	38,572	31,975	37,322	26,045	10,673	11,171	7,392	6,757	-	10,206	-	-
16	37,407	33,914	38,400	23,983	10,883	11,982	7,201	6,984	-	10,107	-	-
17	40,983	34,424	37,685	22,216	9,044	11,524	7,078	7,106	-	9,862	-	-
18	42,044	34,213	36,763	23,078	10,926	11,007	7,072	8,122	-	8,634	-	-
19	42,508	33,009	36,567	26,961	12,525	10,555	7,060	7,871	-	9,328	-	-
20	40,891	32,219	37,512	27,738	11,900	9,951	7,129	7,057	-	8,742	-	-
21	42,806	31,406	38,451	28,005	11,616	9,887	6,557	7,686	-	9,316	-	-
22	42,340	32,936	38,177	23,589	10,880	10,028	6,527	7,475	-	9,704	-	-
23	41,911	33,829	37,628	18,629	12,808	9,601	6,409	7,174	-	9,602	-	-
24	40,651	29,711	33,626	16,763	12,125	9,949	6,645	8,305	-	9,621	-	-
25	2,807	11,774	32,391	16,605	12,581	9,221	6,876	9,058	-	8,189	-	-
26	40,389	36,646	32,732	17,134	11,752	8,803	6,796	9,137	-	8,793	-	-
27	47,656	36,060	32,289	18,870	9,851	9,213	6,467	10,280	-	8,487	-	-
28	47,309	36,026	32,530	18,759	10,150	9,256	7,378	8,528	-	9,332	-	-
29	46,024	-	31,051	18,805	8,925	8,460	6,539	(0,288)	-	10,873	-	-
30	45,473	-	27,916	15,212	9,336	8,284	5,800	-	-	10,528	-	-
31	43,401	-	25,951	-	10,626	-	6,200	-	-	8,788	-	-
SUMA	1 167,607	970,786	1 044,896	703,943	375,628	234,179	216,662	196,134		272,909		-
PRO	37,665	33,475	33,706	23,465	12,117	7,806	6,989	6,327	0,000	8,804	0,000	0,000
MAX	47,656	43,459	38,451	29,448	15,782	11,982	7,900	10,280	0,000	12,229	0,000	0,000
MIN	2,807	11,774	24,298	15,212	8,925	-0,091	5,800	-0,288	0,000	0,000	0,000	0,000
MASA	#####	83 875 910	90 279 014	60 820 675	32 454 259	20 233 066	18 719 597	16 945 978		23 579 338		-

Fuente: Área de Operaciones-Hidrometría

Fuente: Elaboración Propia

Por lo que se pudo observar que hay mayor cantidad de agua en los 6 primeros meses. Como mayormente las visitas son en verano, se tomará los meses ya mencionados. Calculando que el caudal máximo durante los meses más eficientes es de 47,656 m³/s y el caudal mínimo en esa época es 2,81 m³/s. Para nuestro diseño se considerará el caudal 24,298 m³/s ya que se encuentra entre el máximo y mínimo valor.

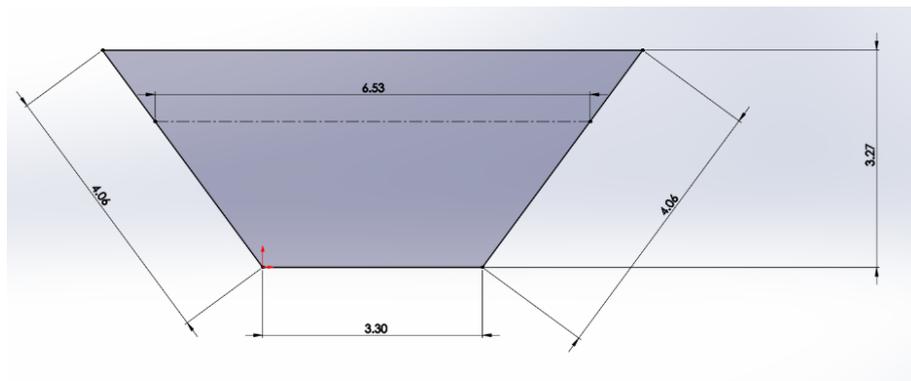
4.4 Geometría del canal

El canal Taymi posee un canal trapezoidal, teniendo las siguientes medidas [22]

- Ancho del canal de 3,30m
- Distancia inclinada = 4,06 m
- Altura total del canal de 3,27 m
- Profundidad de flujo de y = 2,27 m

Para una mejor comprensión de las medidas se mostrará la siguiente imagen:

Ilustración 6 .Medidas del canal Taymi.



Fuente: Elaboración Propia

4.4.1 Estimación de la velocidad

Se realizó un cálculo geométrico de la sección trapezoidal

$$A = \frac{6,53 + 3,3}{2} * 2,27 = 11,16 \text{ m}^2$$

Cálculo de la velocidad

$$V = \frac{Q}{A} = \frac{24,298 \frac{\text{m}^3}{\text{s}}}{11,16 \text{ m}^2} = 2,17 \text{ m/s}$$

4.5 Selección de la turbina hidro cinética:

Se utilizará como mecanismo generador de potencia mecánica a la turbina rueda hidráulica de Poncelet de corriente libre, debido a que se caracterizan por trabajar con saltos hidráulicos reducidos o nulos, de manera que se adapta a las características geométricas que posee el Canal Taymi, con la finalidad de no alterar la corriente que fluye con el ya mencionado.

4.6 Potencia hidráulica del canal

Se considerará de la siguiente manera:

$$\begin{aligned}\dot{m} &= \rho * Q \\ \frac{m}{t} &= \rho * Q \\ m &= \rho \left[\frac{kg}{m^3} \right] * Q \left[\frac{m^3}{s} \right] * t[s]\end{aligned}$$

Ecuación General de energía, la altura se considera como cero debido a que no posee salto de agua

$$\begin{aligned}E &= \frac{1}{2} m V^2 + m * g * h \\ E &= \frac{1}{2} m V^2 = \frac{1}{2} [\rho * Q * t] V^2 \\ E &= \frac{1}{2} [\rho * Q * t] V^2 \\ \frac{E}{t} &= \frac{1}{2} [\rho * Q] V^2\end{aligned}$$

Se determinará la siguiente fórmula:

$$Pot = \frac{1}{2} * \rho * Q * V^2 \dots (1)$$

$$Pot = \frac{1}{2} * 1000 * 24,298 * 2,17^2 = 57\,621,27 \text{ W} = 77,27 \text{ HP}$$

Donde:

ρ = densidad del agua (N/m³)

Q = caudal (m³ /s)

V = velocidad (m)

4.6.1 Potencia aprovechada

Siendo la cantidad de potencia que aprovechara la turbina, mediante la capacidad del canal. En la que se tomará las dimensiones del canal y de la turbina.

$$A1 = 11,16 \text{ m}^2$$

$$A2 = 2,96 \text{ m}^2$$

$$ap = \frac{2,96 * 100}{11,16} = 26,55 \%$$

$$PT = ap * Pot = 0,2655 * 57\ 621,27 \text{ W} = 15\ 300 \text{ W} = 20,52 \text{ HP}$$

Donde:

PT = Potencia aprovechada [KW]

ap = porcentaje del aprovechamiento [%]

A1 = Área del agua en el canal [m²]

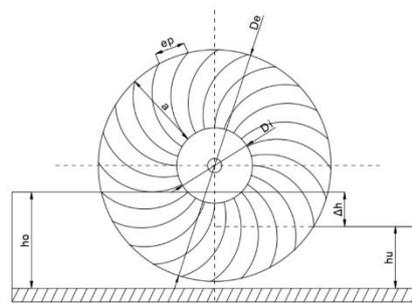
A2 = Área alabe [m²]

4.7 Diseño de rueda hidráulica

4.7.1 Diámetro exterior

Normalmente el diámetro de las ruedas hidráulicas es de 3 m y 5 m. Se determina por la siguiente ecuación: [7]

Ilustración 7. Diámetro de una rueda hidráulica



Fuente: [7]

$$D_e = 2 * (\Delta h + h_0) \dots (1)$$

Donde:

Δh = diferencia de alturas de agua. [m]

D_e = Diámetro exterior. [m]

h_u = altura final del agua [m]

h_0 = altura inicial del agua [m]

$$\Delta h = h_0 - h_u$$

$$\Delta h = 2,27 - 2,17$$

$$\Delta h = 0,1 \text{ m}$$

$$D_e = 2 * (\Delta h + h_0)$$

$$D_e = 2 * (0,1 + 2,27)$$

$$D_e = 4,74 \text{ m}$$

4.7.2 Diámetro interior

Se calcula basándose en la longitud del álabe y el diámetro externo de la rueda. Mediante la siguiente fórmula [7]:

$$D_i = D_e - 2 * (a) \dots (2)$$

Donde:

a = Longitud de álabe [m]

D_i = Diámetro interior [m]

$$D_i = D_e - 2 * (a)$$

$$D_i = 4,74 - 2 * (1,185 \text{ m}) = 2,37 \text{ m}$$

4.7.3 Longitud del álabe

Se calcula basándose en el diámetro externo de la rueda y la cantidad de flujo volumétrico de agua. Según la siguiente tabla: [7]

Tabla 9. Selección de la longitud del álabe en base al caudal del canal

$Q \leq 0,5 \text{ m}^3/\text{s}$	$0,5 < Q \leq 1 \text{ m}^3/\text{s}$	$Q > 1 \text{ m}^3/\text{s}$
$a = \frac{De}{6} \text{ o } \frac{De}{5}$	$a = \frac{De}{5} \text{ o } \frac{De}{4}$	$a = \frac{De}{4}$

Fuente: [7]

$$a = \frac{D_e}{4} \dots (3)$$

Donde:

a = Longitud de álabe [m]

De = Diámetro exterior. [m]

$$a = \frac{D_e}{4} = \frac{4,74 \text{ m}}{4} = 1,185 \text{ m}$$

4.7.4 Velocidad de la rueda

Para determinarla es necesario conocer la velocidad periférica es importante ya que a altas velocidades hace que disminuya la eficiencia. Se calcula basándose en la velocidad periférica y el diámetro exterior como se muestra en la ecuación: [7]

$$N = \frac{u_a * 60}{\pi * D_e} \dots (4)$$

Donde:

De = Diámetro exterior. [m]

N = Velocidad de rueda [RPM]

u_a = Velocidad periférica. [m/s]

$$N = \frac{u_a * 60}{\pi * D_e}$$

$$N = \frac{2,17 * 60}{\pi * 4,74} = 8,77 \text{ rpm} = 9 \text{ rpm}$$

4.7.5 Ancho de rueda

Mediante la cantidad de agua que se aprovechara. Se determinó el ancho sea de 2,5 m, para poder dejar una holgura de 76.94 cm entre el álabe y la pared del canal.

[7]

4.7.6 Separación entre álabes y número de álabes

Se calcula en base a la separación entre álabes y al diámetro exterior de la rueda. Para realizar un buen diseño es necesario que el valor sea semejante a $e \approx 0,45$. como se muestra en la ecuación: [7]

$$Z = \frac{D_e * \pi}{e_p} \dots (5)$$

Donde:

e_p = separación entre álabes. [m]

D_e = Diámetro exterior. [m]

Para recalculando la separación entre álabes, se usará la siguiente ecuación:

[7]

$$e_p = \frac{D_e * \pi}{Z} \dots (6)$$

El número de álabes será

$$Z = \frac{4,74 * \pi}{e_p} = \frac{4,74 * \pi}{0,45} = 33,09 = 33$$

La separación de álabes es:

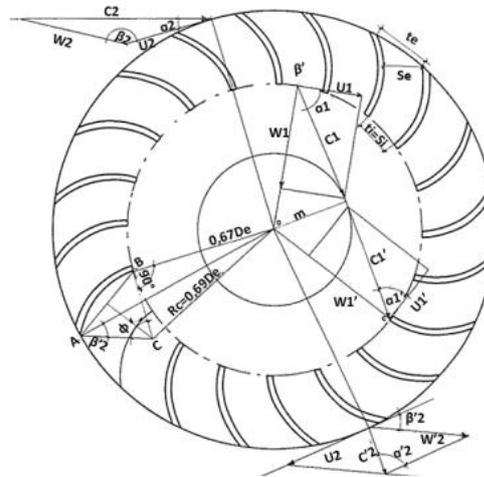
$$e_p = \frac{4,74 * \pi}{Z} = \frac{4,74 * \pi}{33} = 0,45$$

4.8 Diseño del álabe

4.8.1 Ángulo de entrada de agua al rodete

Es el ángulo promedio debe tener valores cercanos a los 16° siendo α_2 . [7]

Ilustración 8. Ángulo de salida y entrada de agua del rodete



Fuente: [7]

4.8.2 Ángulo de salida de agua del rodete

Se calcula en base al ángulo de entrada del fluido al rodete y el coeficiente de velocidad tangencial ($Ku=0,5$, para turbinas de acción) [7]

$$\beta'_2 = \text{arc Sen} \left[\frac{\text{sen } \alpha_2}{(1 - Ku * (2 - Ku) * \text{Cos}^2 \alpha_2)^{\frac{1}{2}}} \right] \dots (7)$$

Donde:

Ku = Coeficiente de velocidad tangencial

α_2 = Ángulo de salida de agua del rodete

β'_2 = Ángulo de salida de agua del rodete

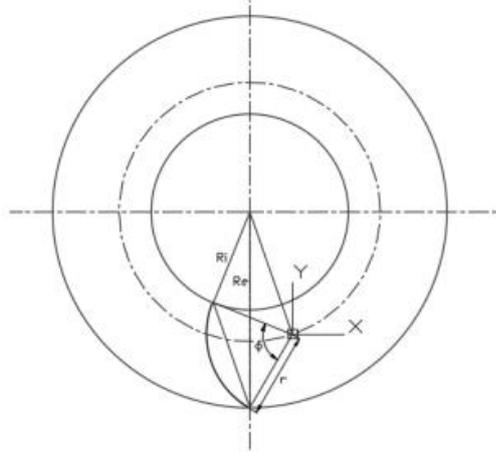
$$\beta'_2 = \text{arc Sen} \left[\frac{\text{sen } 16^\circ}{(1 - 0,5 * (2 - 0,5) * \text{Cos}^2 16^\circ)^{\frac{1}{2}}} \right]$$

$$\beta'_2 = 29,83^\circ$$

4.8.3 Radio de curvatura y ángulo de curvatura del álabe

Los dos mencionados se calculan en base al diámetro interno y externo del rodete como del ángulo de salida de agua del rodete. Mediante la siguiente ecuación [7]

Ilustración 9. Radio y ángulo de la curvatura del álabe



Fuente: [7]

$$r = \frac{D_e}{4 * \text{Cos } \beta'_2} * \left[1 - \left[\frac{D_i}{D_e} \right]^2 \right] \dots (8)$$

$$r = \frac{4,74}{4 * \text{Cos } 29,83^\circ} * \left[1 - \left[\frac{2,37}{4,74} \right]^2 \right] = 1,025 \text{ m}$$

Se determina el ángulo de curvatura del alabe [7]

$$\phi = 2 \text{ arc tg } \left[\frac{\text{Cos } \beta'_2}{\left[\frac{D_i}{D_e} \right] + \text{Sen } \beta'_2} \right] \dots (9)$$

Donde

r = Radio de curvatura [m]

ϕ = Angulo de curvatura [°]

$$\phi = 2 \text{ arc tg } \left[\frac{\text{Cos } \beta'_2}{\left[\frac{D_i}{D_e} \right] + \text{Sen } \beta'_2} \right]$$

$$\phi = 2 \operatorname{arc} \operatorname{tg} \left[\frac{\operatorname{Cos} 29,83^\circ}{\left[\frac{2,37}{4,74} \right] + \operatorname{Sen} 29,83^\circ} \right] = 82,02^\circ$$

4.8.4 Esfuerzo máximo del álabe

Es el esfuerzo que tendrá el álabe por la fuerza del agua, utilizando la siguiente ecuación: [7]

$$\sigma_{max} = \frac{F * Br * c}{12 * I_{gx}} \dots (10)$$

$$c = (r + e_s) - Cg \dots (11)$$

Donde:

σ_{max} = Esfuerzo máximo del álabe. [Pa]

F = Fuerza del agua que actúa sobre cada alabe. [N]

Br = el ancho de rodete. [m]

c = radio de giro. [m]

Cg = Centro de gravedad del alabe. [m]

I_{gx} = momento de inercia del alabe [m⁴]

r = Radio de curvatura. [m]

es = espesor del alabe [m]

Mediante el software Solidworks se pudo determinar el centro de gravedad y el momento de inercia como se mostrará en la siguiente imagen:

Ilustración 10. Propiedades físicas del álabe.

Propiedades de masa de 2023- álabe		
Configuración: Predeterminado		
Sistema de coordenadas: -- predeterminado --		
Densidad = 7850.00 kilogramos por metro cúbico		
Masa = 938.32 kilogramos		
Volumen = 0.12 metros cúbicos		
Área de superficie = 13.15 metros cuadrados		
Centro de masa: (metros)		
X = -0,05		
Y = 0,00		
Z = -2,42		
Ejes principales de inercia y momentos principales de inercia: (kilogramos * metros cuadrados)		
Medido desde el centro de masa.		
lx = (0,00, 0,00, 1,00)	Px = 129,74	
ly = (0,28, -0,96, 0,00)	Py = 1843,04	
lz = (0,96, 0,28, 0,00)	Pz = 1965,31	
Momentos de inercia: (kilogramos * metros cuadrados)		
Obtenidos en el centro de masa y alineados con el sistema de coordenadas de resultados. (Usando notación tensorial positiva.)		
Lxx = 1956,04	Lxy = -32,36	Lxz = 0,00
Lyx = -32,36	Lyy = 1852,30	Lyz = 0,00
Lzx = 0,00	Lzy = 0,00	Lzz = 129,74
Momentos de inercia: (kilogramos * metros cuadrados)		
Medido desde el sistema de coordenadas de salida. (Usando notación tensorial positiva.)		
lxx = 7847,02	lxy = -59,71	lxz = 105,17
lyx = -59,71	lyy = 7372,21	lyz = -1434,79
lzx = 105,17	lzy = -1434,79	lzz = 504,83

Fuente: Elaboración Propia

$$c = (r + e_s) - Cg = (1,025m + 0,02m) - (-0,05) = 1,095 m$$

$$\sigma_{max} = \frac{F * Br * c}{12 * I_{gx}} = \frac{13\ 282,74 N * 4,85 m * 4,85 m * 1,095m}{12 * 27,41m^4} = 1\ 039,6 Pa$$

4.8.5 Fuerza tangencial

Es aquella que determina la función de la potencia que se aprovechara. [7]

$$Ft = \frac{1948 * PT}{N * De} \dots (12)$$

Donde:

Ft=Fuerza tangencial (kg)

N = velocidad de la rueda (RPM)

PT=Potencia aprovechada (kW)

De=Diámetro exterior (m)

$$Ft = \frac{1948 * 15,30kW}{8,77 rpm * 4,74m} = 698,65 kg = 6846,77 N$$

4.8.6 Torque máximo

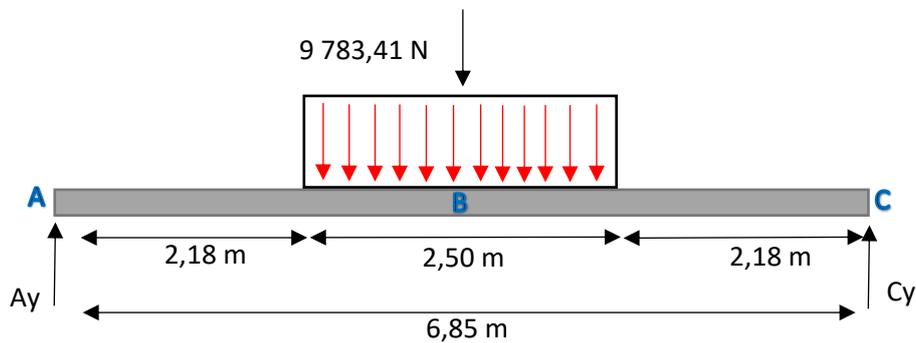
Se determinará a partir del número de revoluciones y la potencia útil de la turbina, usando la siguiente ecuación [7] :

$$T = \frac{974 * PT}{N} \dots (13)$$

$$T = \frac{974 * 15,30kW}{8,77 rpm} = 1 655,801 kg.m = 1 6226,854 N.m$$

4.8.7 Diseño del eje

Diagrama de cuerpo libre



Sumatoria de fuerzas:

$$\sum f(x) = 0 \dots (14)$$

$$\sum f(y) = 0 \dots$$

$$\sum f(y) = 0 = Ay - 9,78 kN + Cy \dots (15)$$

$$\sum M(c) = 0 = -9,78 kN(2,50 m) + Ay(6,85 m)$$

$$0 = -24,46kN.m + Ay(6,85 m)$$

$$Ay = 3,57 kN$$

Hallamos Cy reemplazando la ecuación anterior:

$$0 = Ay - 9,78 kN + Cy$$

$$0 = 3,57 kN - 9,78 kN + Cy$$

$$Cy = 6.21 kN$$

Analizamos por cortes el momento flector y el corte:

Corte A-B con respecto en punto A

$$0 \text{ m} \leq x \leq 3.43 \text{ m}$$

$$\sum f(x, y) = 0 = N$$

$$0 = -V1 + 3,57 \text{ kN}$$

$$V1 = 3,57 \text{ kN}$$

$$\sum M = 0$$

$$M1 = 3,57 \text{ kN} (x)$$

Corte B-C

$$3.43 \text{ m} \leq x \leq 6.85 \text{ m}$$

$$\sum f(x, y) = 0 = N$$

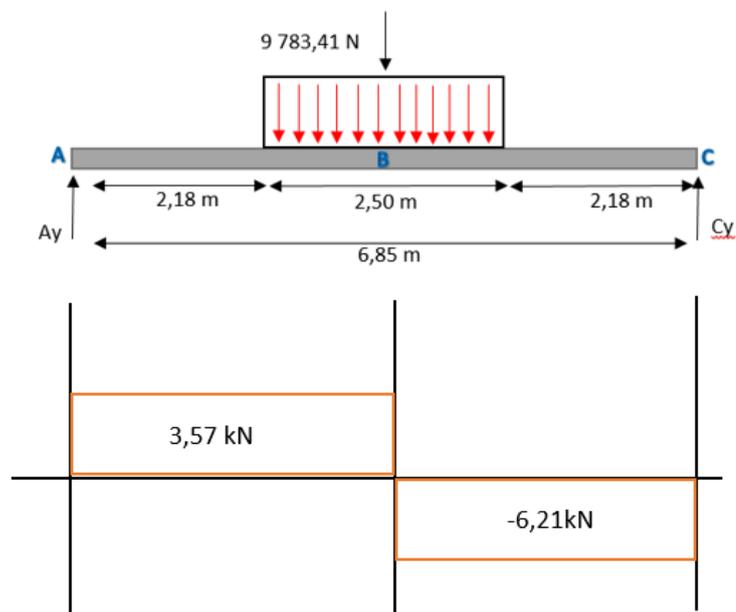
$$0 = -V2 - 9,78 \text{ kN} + 3,57 \text{ kN}$$

$$V2 = -6,21 \text{ kN}$$

$$\sum M = 0$$

$$M2 = -6,21 \text{ kN} (x) - 24,46 \text{ kN} \cdot \text{m}$$

Diagrama de fuerza cortante:



Resultados del momento flector:

Momento	Valor (x)	Resultado
M1=3,57 kN (x)	0	0 kNm
M1=3,57 kN (x)	1,715	6,12 kNm
M1=3,57 kN (x)	3,43	12,25 kNm
M2= -6,21 kN(x)- 24,46 kN.m	3,43	-45,77 kNm
M2= -6,21 kN(x)- 24,46 kN.m	5,14	-56,39 kNm
M2= -6,21 kN(x)- 24,46 kN.m	6,85	-67,02 kNm
Momento promedio		-25,13 kNm

$$M = 67,02 \text{ kN.m} = 59\,3145,33 \text{ lb.pulg}$$

4.8.7.1 Calculo de par de torsión en el eje

Se utilizará la siguiente formula [23]:

$$T = 63000 \left(\frac{P}{n} \right) \dots (16)$$

Donde:

P = Potencia en Hp

n = RPM

$$T = 63000 \left(\frac{77,27}{9 \text{ rpm}} \right) = 143\,623,57 \text{ lb.pulg} = 16229,46 \text{ N.m}$$

Se utilizará como material para el eje acero AISI 1045, teniendo las siguientes propiedades mecánicas [23]:

- Dureza 163 HB
- Sy: Esfuerzo de fluencia 310 MPa (45000 psi)
- Esfuerzo máximo 565 MPa
- Módulo de elasticidad 200 GPa (29000 KSI)

Una vez hallados los datos anteriores, se determinará el diámetro que tendrá nuestro eje, mediante la siguiente formula: [23]

$$D = \left[\frac{32Fs}{\pi} \sqrt{\left[\frac{kT}{Sn'} \right]^2 + \frac{3}{4} \left[\frac{M}{Sy} \right]^2} \right]^{\frac{1}{3}}$$

Donde:

Fs.: coeficiente de seguridad

Sy: límite de fluencia del material

M (N.m): Momento flector

T (N.m): Torque

Fs = factor de seguridad (2)

K = factores de corrección de resistencia a la fatiga

Se determinará el límite de resistencia teórico de la siguiente manera [23]:

$$S_n' = S_y * C_s * C_r$$

S_n' = límite de resistencia teórico

C_s = factor por tamaño

C_r = Confiabilidad deseada

$$S_n' = 45\,000 \text{ psi} * 0,72 * 0,81$$

$$S_n' = 26\,244 \text{ psi}$$

$$D = \left[\frac{32(2)}{\pi} \sqrt{\left[\frac{2 * 143\,623,57 \text{ lb. pulg}}{26\,244} \right]^2 + \frac{3}{4} \left[\frac{59\,3145,33 \text{ lb. pulg}}{45000 \text{ psi}} \right]^2} \right]^{\frac{1}{3}}$$

$$D = 6,16 \text{ pulg} = 0,16 \text{ m}$$

4.9 Selección de transmisión mecánica y multiplicador rpm

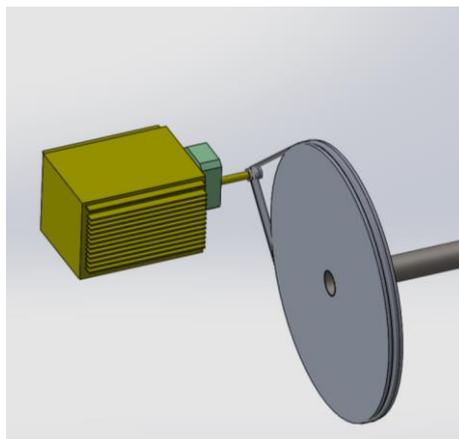
En algunos casos la energía del agua no es suficiente para dar giro o velocidad angular a la turbina que ira conectada al generador de energía eléctrica. Es por ello que se utilizara poleas para la transmisión multiplicadora de velocidad, con el objetivo de alcanzar las revoluciones necesarias para la generación de energía.

[9]

El multiplicador debe alcanzar los 1800 rpm para el funcionamiento del generador

Ecuación de relación de transmisión: [9]

Ilustración 11. Esquema de transmisión mecánica



Fuente: Elaboración Propia

$$\frac{n_p}{n_g} = \frac{D_g}{D_p} \dots (17)$$

Donde:

D_g =Diámetro polea conducida

D_p =Diámetro polea conductora

n_p =Velocidad del eje conductor

n_g = Velocidad del eje conducido

$$\frac{9 \text{ rpm}}{n_g} = \frac{0,08 \text{ m}}{1,74 \text{ m}}$$

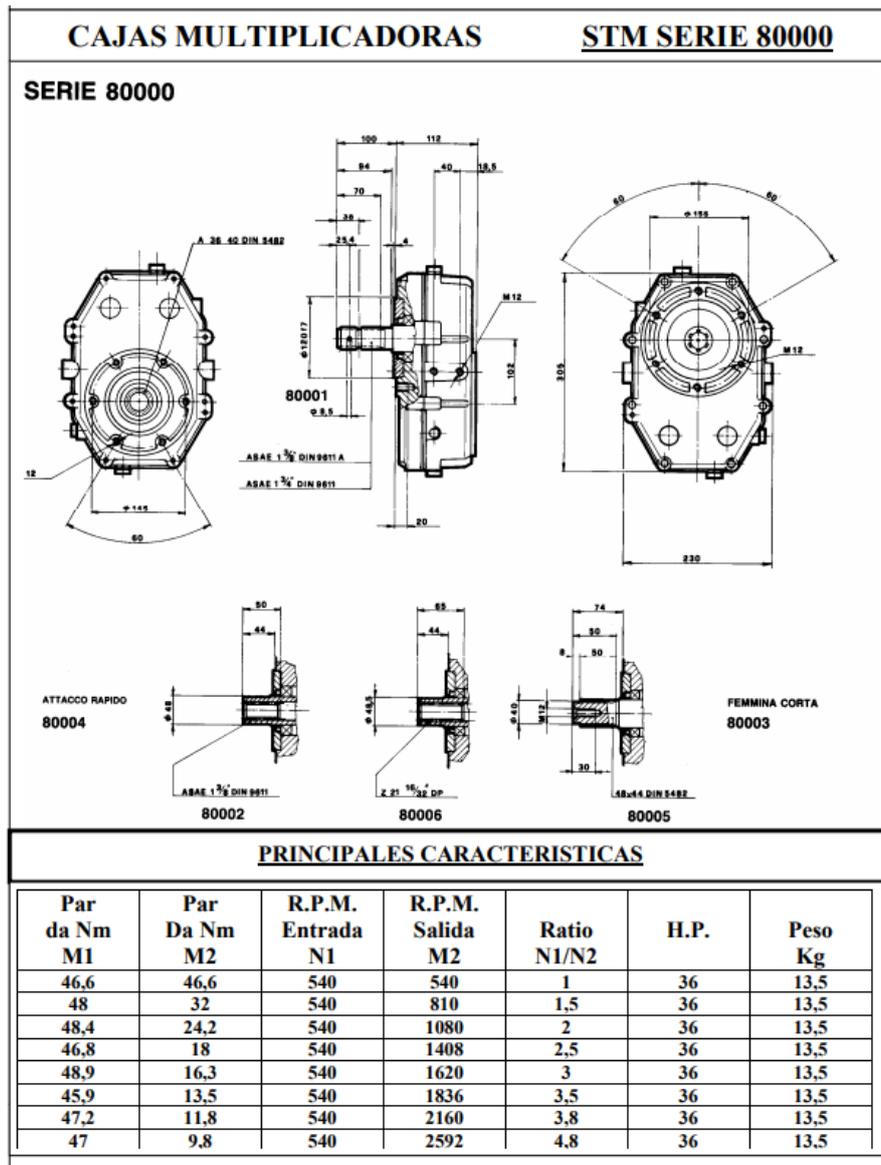
$$n_g = \frac{0,08 \text{ m}}{1,74 \text{ m}} * 9 \text{ rpm} = 195,75 \text{ rpm}$$

Mediante un manual visto en una tesis [5] escogido por catálogo se consideró el multiplicador de serie 80000 con razón de 4,8. Para encontrar los rpm que tendremos a la salida usamos:

$$n_g = 195,75 \text{ rpm} * 4,8$$

$$n_g = 940 \text{ rpm}$$

Ilustración 12. Catálogo de características del multiplicador



Fuente: [5]

4.9.1 Longitud de correas

Se calculará la distancia mínima de los centros de la polea por correas planas o redondas, se considerará los modelos de cálculo para correas en V, considerando el diámetro de la polea mayor con el de la polea menor y el resultado se multiplicará por 0,7 como factor de corrección. [9]

$$C = 0,7(D_a + D_b) \dots (18)$$

Donde:

c =Distancia entre centros

D_a =Diámetro de polea mayor

D_b = Diámetro de polea menor

$$C = 0,7(D_a + D_b) = 0,7(1,74 \text{ m} + 0,8 \text{ m}) = 1,27 \text{ m}$$

Los ángulos de contacto se calcularán de la siguiente manera:

$$\theta_{D_b} = \pi - 2 \operatorname{sen}^{-1} \left[\frac{(D_a + D_b)}{2(C)} \right] \dots (19)$$

$$\theta_{D_b} = \pi - 2 \operatorname{sen}^{-1} \left[\frac{(1,74 \text{ m} + 0,042 \text{ m})}{2(1,25 \text{ m})} \right] = 1,72 \text{ rad}$$

$$\theta_{D_a} = \pi + 2 \operatorname{sen}^{-1} \left[\frac{(D_a + D_b)}{2(C)} \right] \dots (20)$$

$$\theta_{D_a} = \pi + 2 \operatorname{sen}^{-1} \left[\frac{(1,74 \text{ m} + 0,042 \text{ m})}{2(1,25 \text{ m})} \right] = 4,56 \text{ rad}$$

La longitud de la correa será:

$$L = [4C^2 - (D_a - D_b)^2]^{\frac{1}{2}} + \frac{1}{2}(D_a\theta_{D_a} + D_b\theta_{D_b}) \dots (21)$$

$$L = [4 * 1,25^2 - (1,74 - 0,042)^2]^{\frac{1}{2}} + \frac{1}{2}(1,74 * 4,64 \text{ rad} + 0,042 * 1,64)$$

$$L = 5,97 \text{ m}$$

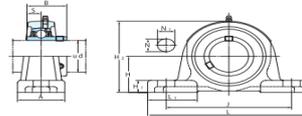
4.10 Selección de chumacera

Para la selección se tomará por medio de un catálogo, para conocer las verdaderas dimensiones que existen en el mercado guiándonos por el diámetro del eje de la rueda, utilizando chumacera marca Koyo, que se mostrará en la siguiente tabla

Tabla 10. Catálogo de chumacera

Tipo Puente

UCP
 Agujero cilíndrico (con tornillo fijador)
 d (75) ~ (140) mm



Diámetro Eje mm d	Dimensiones pulg mm													Perno pulg mm	No. Unidad	Estándar No. Ajustamiento	No. Inseto	Masa kg	Capacidad Carga Básica		Factor
	H	L	A	J	N	N ₁	H ₁	H ₂	L ₁	B	S	C _r	C ₀						f ₀		
75	2 19/16	3 1/16	14 1/2	3 1/16	11 1/2	1 1/16	1 5/16	1 1/4	7 5/16	4 7/16	3.228	1.260	7/8	UCP315-47 UCP315	P315	UC315-47 UC315	14.8 113	77.2	13.2		
	3	3 1/2	11 1/2	3 1/16	9 1/4	1 1/16	1 1/4	6 7/16	3 3/4	3.252	1.311	7/8	UCP315-48 UCP315-48		UC315-48	14.8					
80	3 1/8	3 1/2	11 1/2	3 1/16	9 1/4	1 1/16	1 1/4	6 7/16	3 3/4	3.252	1.311	7/8	UCP216-50 UCP216	P216	UC216-50 UC216	9.0 9.0	72.7	53.0	14.6		
	3 1/8	101.6	381	102	283	27	58	34	195	116	85.7	34.1	M22	UCPX16	PX16	UCX16	15.3	84.0	61.9	14.5	
85	3 1/4	4 1/16	15 1/4	4 1/16	11 1/2	1 1/16	1 5/8	1 1/2	8 7/16	4 7/16	3.386	1.339	7/8	UCP316	P316	UC316	18.5	123	86.7	13.3	
	3 1/4	106	400	110	300	27	40	35	209	120	86	34	M22	UCP217-52 UCP217	P217	UC217-52 UC217	10.8 10.8	84.0	61.9	14.5	
90	3 1/2	4 1/16	16 1/2	4 1/16	12 1/2	1 1/16	1 5/8	1 1/2	8 3/16	4 7/16	3.780	1.575	7/8	UCP317-55 UCP317	P317	UC317-55 UC317	16.1 16.1	96.1	71.5	14.5	
	3 1/2	112	420	110	320	33	45	40	220	120	96	40	M27	UCPX17	PX17	UCX17-55	20.3	133	96.8	13.3	
95	3 1/2	4	12 7/8	3 1/2	10 3/4	1 1/16	1 1/2	1 1/2	7 5/16	4 7/16	3.780	1.563	7/8	UCP218-56 UCP218	P218	UC218-56 UC218	13.9 13.9	96.1	71.5	14.5	
	3 1/2	101.6	327	88	262	27	45	34	198	104	96	39.2	M22	UCPX18	PX18	UCX18	19.1	109	81.9	14.4	
100	3 1/2	4	15	4 3/8	11 1/8	1 1/16	2 1/8	1 1/2	8 1/2	4 7/16	4.094	1.689	7/8	UCP318-56 UCP318	P318	UC318-56 UC318	22.8 22.8	143	107	13.3	
	3 1/2	101.6	381	111	283	27	60	38	204	116	104	42.9	M22	UCPX18	PX18	UCX18	19.1	109	81.9	14.4	
105	3 1/2	4 1/16	16 1/2	4 1/16	13	1 1/16	1 5/8	1 1/2	9 7/16	4 7/16	3.780	1.575	7/8	UCP319	P319	UC319	29.0	153	119	13.3	
	3 1/2	125	470	120	360	36	50	46	248	125	103	41	M30	UCP319	P319	UC319	29.0	153	119	13.3	
110	3 13/16	5	17	4 3/8	13 1/4	1 1/16	2 1/8	1 1/2	9 1/16	4 7/16	4.626	1.937	1	UCP320	PX20	UCX20	30.4				
	3 13/16	127	432	121	337	33	65	45	245	126	117.5	49.2	M27	UCP320-63 UCP320-64	PX20	UCX20-63 UCX20-64	30.4 30.4	133	105	14.4	
120	3 13/16	5 3/16	19 3/16	4 3/16	14 1/2	1 1/16	1 5/8	1 1/2	10 3/4	5 1/2	4.252	1.654	1 1/8	UCP320	P320	UC320	35.1				
	3 13/16	140	490	120	380	36	50	46	273	140	108	42	M30	UCP320-63 UCP320-64	P320	UC320-63 UC320-64	35.1 35.1	173	141	13.2	
130	4	5 3/16	19 3/16	4 3/16	14 1/2	1 1/16	1 5/8	1 1/2	10 3/4	5 1/2	4.409	1.732	1 1/8	UCP321	P321	UC321	37.6	184	153	13.2	
	4	140	490	120	380	36	50	46	278	140	112	44	M30	UCP321	P321	UC321	37.6	184	153	13.2	
140	4	5 7/16	20 7/16	5 1/2	15 1/4	1 1/16	2 1/8	1 1/2	11 1/16	5 7/16	4.606	1.811	1 1/4	UCP322	P322	UC322	44.0	205	180	13.2	
	4	150	520	140	400	40	55	50	296	150	117	46	M33	UCP322	P322	UC322	44.0	205	180	13.2	
140	4	6 1/16	22 7/16	5 1/2	17 1/2	1 1/16	2 1/8	1 1/2	12 1/16	6 1/16	4.961	2.008	1 1/4	UCP324	P324	UC324	55.4	207	185	13.5	
	4	160	570	140	450	40	55	50	316	160	126	51	M33	UCP324	P324	UC324	55.4	207	185	13.5	
140	4	7 1/2	23 3/4	5 1/2	18 3/8	1 1/16	2 1/8	1 1/2	13 1/16	7 1/16	5.315	2.126	1 1/4	UCP326	P326	UC326	72.1	229	214	13.6	
	4	180	600	140	460	40	55	50	335	185	135	54	M33	UCP326	P326	UC326	72.1	229	214	13.6	
140	4	7 7/8	24 1/2	5 1/2	19 1/8	1 1/16	2 1/8	1 1/2	14 1/16	7 1/16	6.009	2.323	1 1/4	UCP328	P328	UC328	92.5	253	246	13.6	
140	4	200	620	140	500	40	55	60	393	185	145	59	M33	UCP328	P328	UC328	92.5	253	246	13.6	

Fuente: [24]

De manera que se seleccionó la chumacera de diámetro de 140 mm de eje

4.11 Selección de generador

Debido a su funcionamiento de manera autónoma, se seleccionará el generador síncrono, por lo que se buscó un catálogo en el cual muestre característica que cumplan con la potencia que se quiere generar. Se escogió un generador síncrono de 1800 rpm (4 polos – 0,8 de potencia – Baja tensión), seleccionando Continuo de 160 kW.

Tabla 11. Características del generador eléctrico

4 Polos - Clase de Aislamiento "H" - Factor de Potencia 0.8 - Baja Tensión

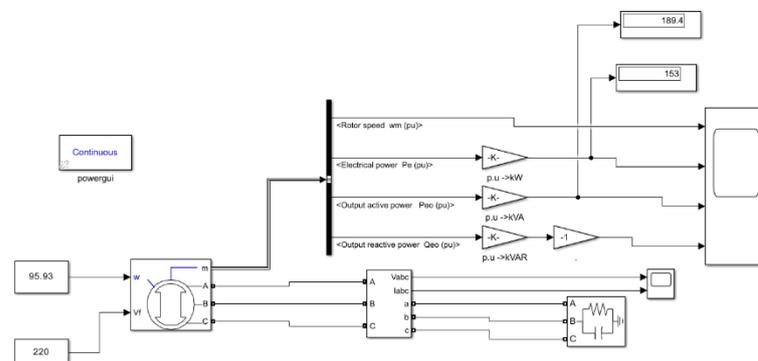
MODEL GTA	220 - 240V ou 440 - 480V - 60 Hz - 1800 rpm								380 - 415V - 60Hz ⁽¹⁾ - 1800 rpm								380 - 400V - 50 Hz ⁽¹⁾ - 1500 rpm							
	Continuo		Prime		Stand-By		Stand-By ⁽²⁾		Continuo		Prime		Stand-By		Stand-By ⁽²⁾		Continuo		Prime		Stand-By		Stand-By ⁽²⁾	
	T = 125°C		T = 125°C		T = 150°C		T = 163°C		T = 125°C		T = 125°C		T = 150°C		T = 163°C		T = 125°C		T = 125°C		T = 150°C		T = 163°C	
	kVA	kW	kVA	kW	kVA	kW	kVA	kW	kVA	kW	kVA	kW	kVA	kW	kVA	kW	kVA	kW	kVA	kW	kVA	kW	kVA	kW
160SI08	12,5	10	13,5	10,8	13,5	10,8	14,5	11,6	11	8,8	12	9,6	12	9,6	13	10,4	10	8	11	8,8	11	8,8	12	9,6
160SI10	15	12	16	12,8	16	12,8	17	13,6	13	10,4	14	11,2	14	11,2	15	12	12	9,6	13	10,4	13	10,4	14	11,2
160SI11	17	13,6	19	15,2	20	16	21	16,8	15	12	16	12,8	16	12,8	17	13,6	15	12	16	12,8	16	12,8	17	13,6
160SI13	21	16,8	23	18,4	24	19,2	25	20	18	14,4	19	15,2	20	16	21	16,8	18	14,4	19	15,2	19	15,2	20	16
160SI16	26	20,8	27	21,6	28	22,4	29	23,2	21	16,8	23	18,4	25	20	26	20,8	21	16,8	23	18,4	24	19,2	25	20
160MI24	38	30,4	42	33,6	44	35,2	46	36,8	35	28	40	32	40	32	42	33,6	30	24	31	24,8	31	24,8	32	25,6
200SI12	55	44	60	48	63	50	65	52	50	40	55	44	58	46	61	49	42	34	46	37	50	40	51	41
200SI15	65	52	72	58	80	64	81	65	56	45	62	50	64	51	67	54	53	42	58	46	62	50	63	50
200SI17	80	64	88	70	95	76	97	78	74	59	80	64	82	66	86	69	66	53	73	58	74	59	80	64
200MI26	107	86	120	96	123	98	130	104	99	79	100	80	105	84	110	88	85	68	88	70	91	73	95	76
200MI30	122	98	141	113	144	115	150	120	112	90	123	98	129	103	136	109	95	76	106	85	106	85	109	87
250SI14	140	112	153	122	163	130	170	136	130	104	142	114	149	119	156	125	115	92	127	102	130	104	139	111
250MI25	200	160	220	176	230	184	236	189	170	136	187	150	190	152	200	160	140	112	154	123	115	92	162	130

Fuente: [25]

4.12 Simulación de generador:

Se utilizó el software Simulink, para poder tener un aproximado de lo generará nuestro generador al variado caudal que posee el canal Taymi, teniendo el siguiente esquema:

Ilustración 13. Simulación de generador síncrono en Simulink



Fuente: Elaboración Propia

Se utilizaron los datos del generador vistos en el catálogo, para realizar la simulación y compararlo con los caudales que tendrá por mes el canal Taymi, obteniendo los siguientes resultados:

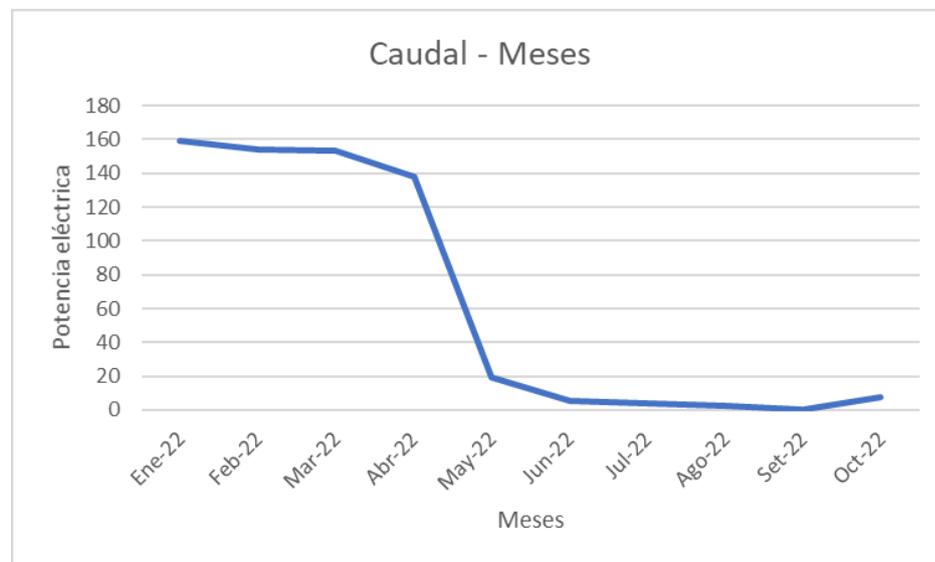
Tabla 12. Resultados de la simulación en Simulink

	Caudal (m ³ /s)	Velocidad (m/s)	rpm de la rueda	rad/s	Potencia Mecánica (W)	rpm transmitido hacia al generador	rad/s	Potencia Eléctrica (KW)
Ene-22	47,656	4,27	17,21	1,80	115433,80	1796,77	188,16	158,9
Feb-22	33,475	3,00	12,09	1,27	40008,91	1262,12	132,17	154,23
Mar-22	24,298	2,18	8,77	0,92	15300,01	916,10	95,93	153
Abr-22	23,46	2,10	8,47	0,89	13779,36	884,69	92,64	137,8
May-22	12,12	1,09	4,38	0,46	1897,44	456,85	47,84	18,97
Jun-22	7,81	0,70	2,82	0,30	507,29	294,31	30,82	5,073
Jul-22	6,99	0,63	2,52	0,26	364,12	263,51	27,59	3,641
Ago-22	6,33	0,57	2,28	0,24	270,12	238,54	24,98	2,701
Set-22	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	-
Oct-22	8,804	0,79	3,18	0,33	727,69	331,92	34,76	7,277

Fuente: Elaboración Propia

Se observa que, debido al caudal, solo se podría utilizar la turbina durante los meses de enero y febrero. Por lo que llega a alcanza la potencia instalada del parque. Como se mostrará en la siguiente gráfica:

Ilustración 14. Grafico de Potencia eléctrica - Meses

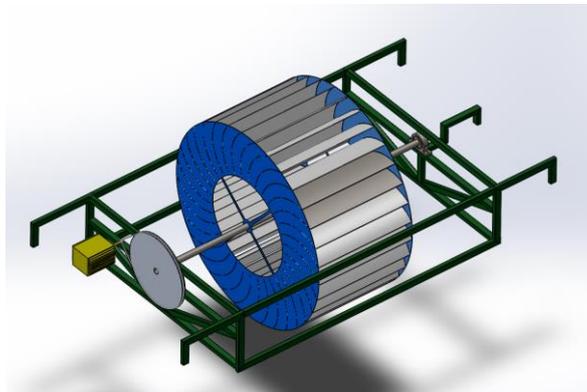


Fuente: Elaboración Propia

4.13 Diseño final de la rueda

El tubo cuadrado, que formará la estructura de soporte tendrá las siguientes dimensiones 6(largo)x4(ancho)x0,25(espesor) pulg. Seleccionado de acuerdo a las dimensiones que posee la chumacera.

Ilustración 15. Sistema de generación de energía eléctrica.



Fuente: Elaboración Propia

4.14 Materiales

Los materiales seleccionados serán los siguientes mencionados:

Tabla 13. Materiales usados en el diseño.

		Material
Rueda	Eje	Acero AISI 1045
	tapa de rueda	Matriz poliester reforzado con fibra de vidrio 375
	alabe	Matriz poliester reforzado con fibra de vidrio 375
Chumacera		AISI Acero laminado en frio
Polea		Aluminio - Aleación 1060
Polea 2		Aluminio - Aleación 1060
Estructura		ASTM A36 Acero

Fuente: Elaboración Propia

4.15 Simulación

4.15.1 Simulación estática del soporte de la rueda

Mediante el peso obtenido de la rueda se pudo determinar cuál será las fuerzas de carga que tendrá el soporte que irá en el canal, realizando un estudio estático por el software SolidWorks.

Ilustración 16. Propiedades de la rueda hidráulica (tapa, eje y alabe).

Propiedades de masa de Ensamblaje2
Configuración: Default
Sistema de coordenadas: -- predeterminado --
Masa = 1208220.41 gramos
Volumen = 670245010.69 milímetros cúbicos
Área de superficie = 280986955.11 milímetros cuadrados

Fuente: Elaboración Propia

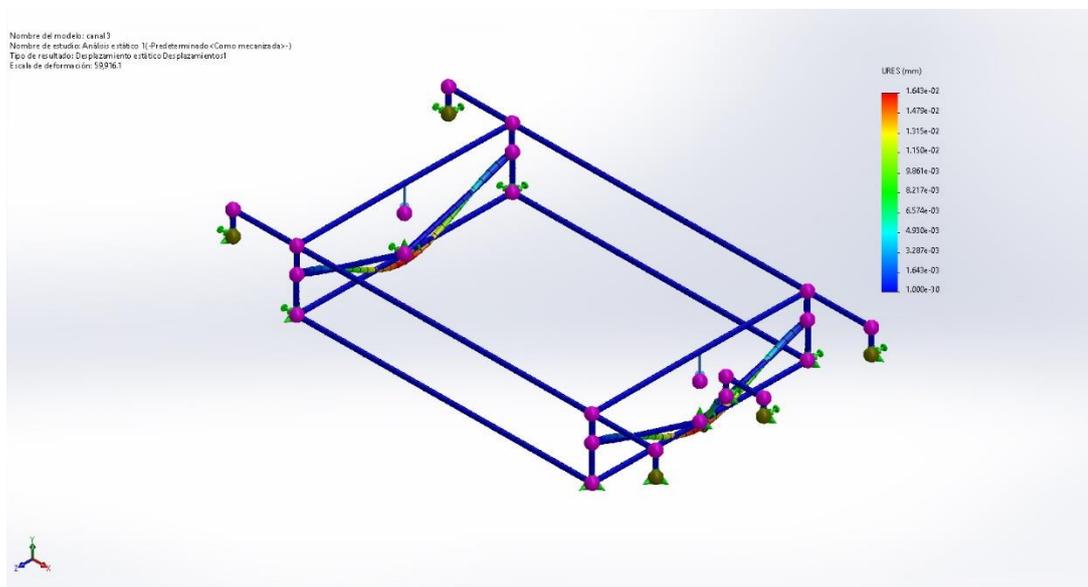
El peso total de la rueda es de 1 208 220,13 g, es decir 1 208,22 kg. Por lo que la fuerza aplicada en el vértice del soporte será:

$$F (\text{Peso de la rueda}) = \text{masa} * \text{gravedad}$$

$$F (\text{Peso de la rueda}) = 1\,208,22 \text{ kg} * 9,81 \frac{\text{m}}{\text{s}^2}$$

$$F (\text{Peso de la rueda}) = 11\,852,64 \text{ N}$$

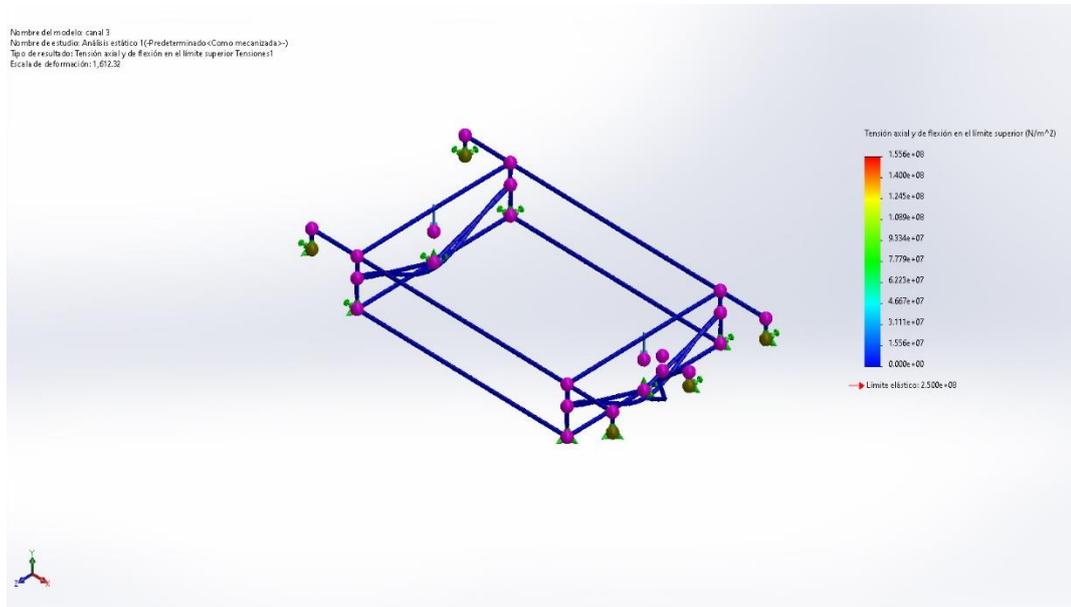
Ilustración 17. Soporte de rueda – Simulación resultado de Desplazamientos (Tipo URES).



Fuente: Elaboración Propia

Mediante el resultado mostrado se observa que tiene un desplazamiento máximo de $1.643e-02\text{mm}$

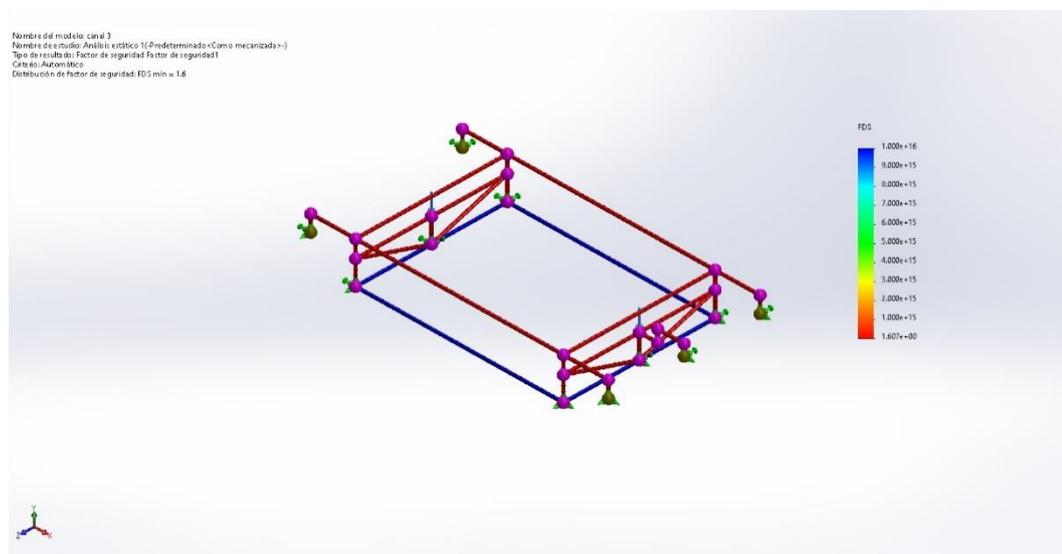
Ilustración 18. Soporte de rueda – Simulación resultado de Tensiones (Tensión axial y de flexión en el límite superior).



Fuente: Elaboración Propia

Mediante el resultado mostrado se observa que tiene una tensión máxima de $4.634e+06\text{N/m}^2$

Ilustración 19. Soporte de rueda – Simulación resultado de factor de seguridad.



Fuente: Elaboración Propia

Se observa que el factor de seguridad mediante el resultado mostrado que el factor de seguridad es de 1,6

4.15.2 Simulación estática del eje

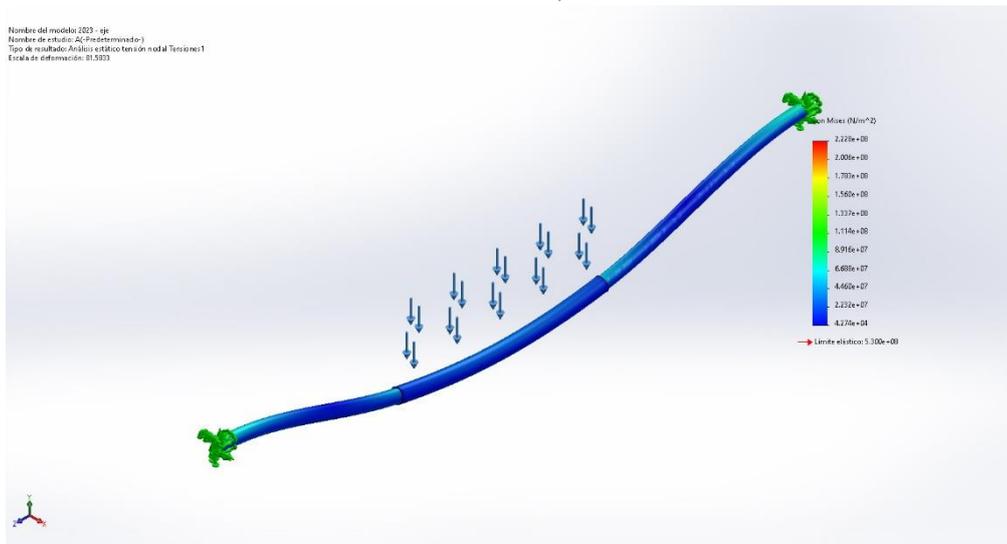
Peso de rueda y alabe = (Masa Total – Masa del eje) * gravedad

$$\text{Peso de rueda y alabe} = (1\,208,22 \text{ kg} - 211 \text{ kg}) * 9,81 \frac{\text{m}}{\text{s}^2}$$

$$\text{Peso de rueda y alabe} = 997,22 \text{ kg} * 9,81 \frac{\text{m}}{\text{s}^2}$$

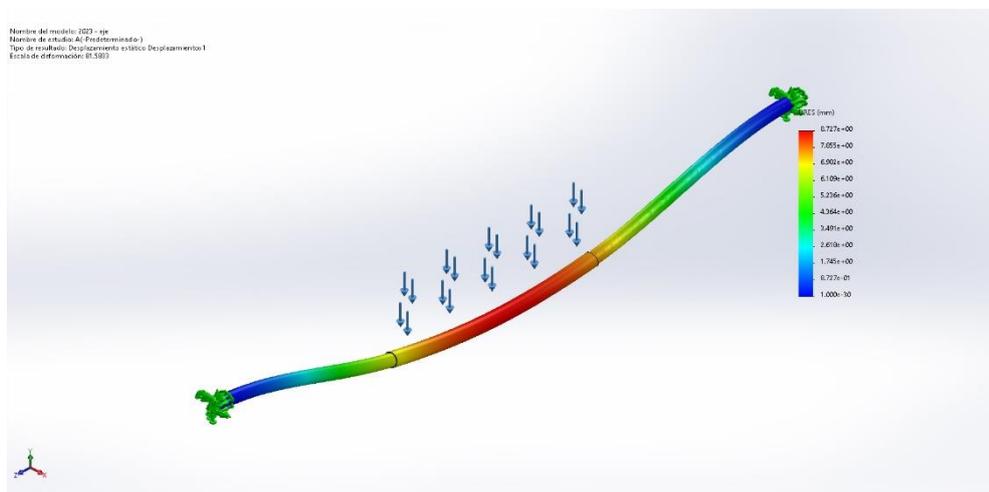
$$\text{Peso de rueda y alabe} = 9\,782,73 \text{ N}$$

Ilustración 20. Eje de rueda – Simulación resultado de Tensión mínima (Tensión de von Mises).



Fuente: Elaboración Propia

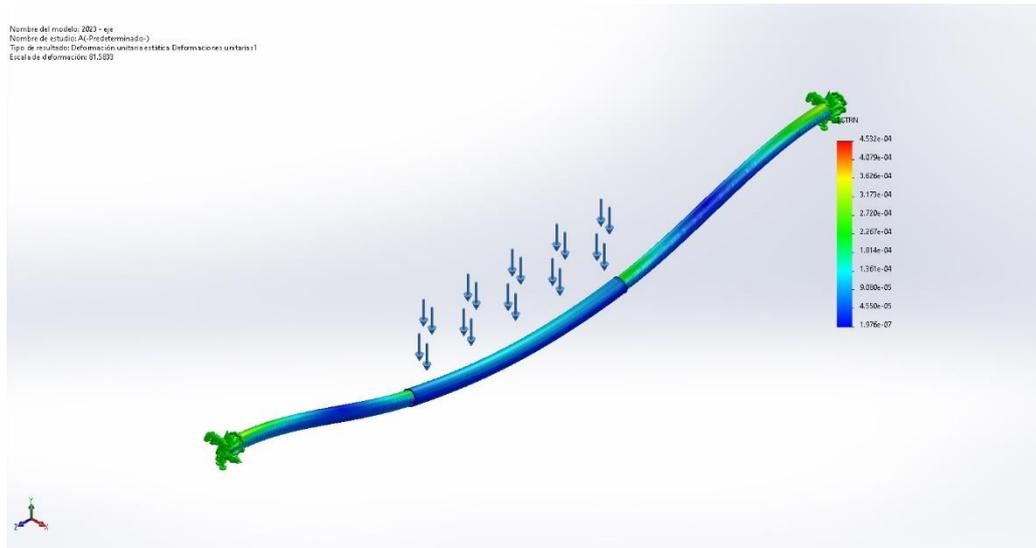
Ilustración 21. Eje de rueda – Simulación resultado de desplazamiento.



Fuente: Elaboración Propia

Mediante el resultado mostrado se observa una tensión mínima de $4.274e+04$ N/m² y máxima de $2.228e+08$ N/m². Además de un desplazamiento de 8.727 mm.

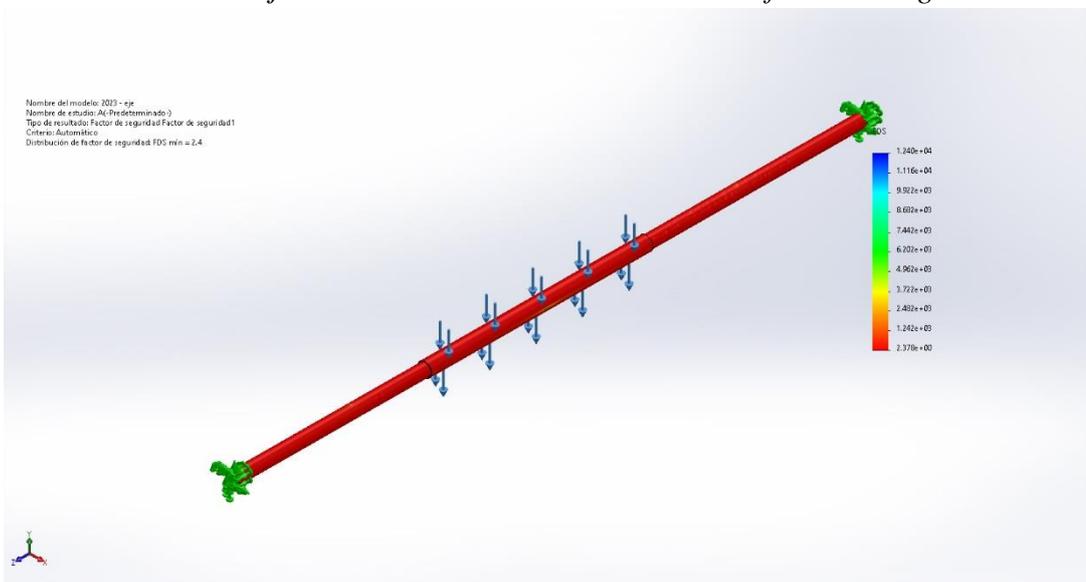
Ilustración 22. Eje de rueda – Simulación resultado de deformaciones unitarias.



Fuente: Elaboración Propia

Mediante el resultado mostrado se observa que su deformación unitaria equivalente (ESTRN) máxima es de $1.976e-07$ y una mínima de $4.532e-04$.

Ilustración 23. Eje de rueda – Simulación resultado de factor de seguridad.



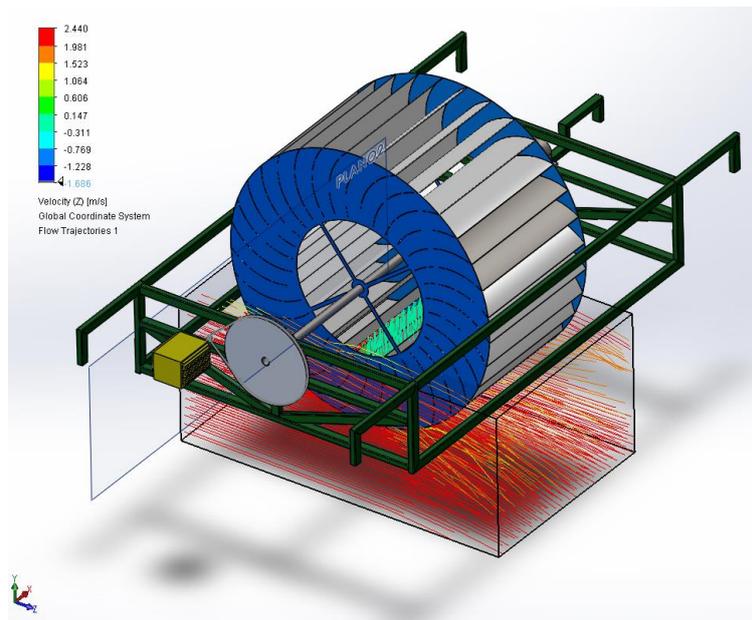
Fuente: Elaboración Propia

Se observa que el factor de seguridad mediante el resultado mostrado que el factor de seguridad es de 2,4

4.15.3 Simulación de la rueda en Flow simulación para determinar la potencia

Mediante la simulación obtenida se pudo determinar los resultados como se mostrará en el siguiente cuadro.

Ilustración 24. Simulación de la rueda mediante Flow Simulation.



Fuente: Elaboración Propia

Condiciones para la simulación:

- Tipo de Análisis: Externo
- Gravedad: $-9,81 \text{ m/seg}^2$ (eje Y)
- Eje de referencia =Eje Z
- Tipo de fluido: agua a 101 325 Pa y 293,2 K.
- Velocidad del agua: 2,18 m/s respecto al eje Z
- Iteraciones: 225

Tabla 14. Cuadro de resultados de la rueda en el Flow Simulation.

Name	Unit	Value	Progress	Criteria	Delta	Use in convergence
GG Average Velocity 1	m/s	1.740	100	0.0284775323	0.00232503583	On
GG Average Velocity (X) 2	m/s	-0.002	100	0.000628776873	0.000560714563	On
GG Average Velocity (Y) 3	m/s	-0.021	100	0.0105768872	0.00895464692	On
GG Force (X) 4	N	-120.850	100	46.8342021	7.66350604	On
GG Force (Y) 5	N	-10649.142	100	903.279259	141.746651	On
GG Force (Z) 6	N	16110.186	100	2825.74511	70.6950635	On
GG Torque (X) 7	N*m	130112.273	100	17580.0356	1602.40454	On
GG Torque (Y) 8	N*m	-104230.343	100	17960.2966	436.982591	On
GG Torque (Z) 9	N*m	-67740.327	100	6061.41644	1036.57573	On

Fuente: Elaboración Propia

$$Pf = T_p * N_r \dots (22)$$

Donde [7]:

Pf =Potencia final

N_r = Revoluciones de la rueda (rad/s) \rightarrow 9 rpm = 0,94 rad/s

T_p = Torque promedio

$$Pf = 130\,112,273 * 0,94 * \frac{2\pi}{60} = 12807,81\,W = 12,81\,kW$$

La eficiencia mecánica obtenida será de: [9]

$$\eta = \frac{\text{Potencia real}}{\text{Potencia hidráulica}} = \frac{12807,81\,W}{15\,300\,W} = 84\%$$

4.16 Costo

Mediante información dada por Ensa, se pudo obtener lo que el municipio pagaba en una subestación durante el 2019 hasta 2022, para tener un monto aproximado de lo que gasta como se mostrará en el siguiente cuadro:

Tabla 15. Pago de la Municipalidad a ENSA durante el 2019 a 2022

Periodo	Energía	Fec. Vencimiento	Fec. Pago	Número	Importe	Saldo	Estado		
201903	4 287,00	23/04/2019	23/05/2019 12:5:02	Recibo de Energía	6 576,40	0,00	Pagado		
201904	3 533,64	23/05/2019	23/05/2019 12:5:02	Recibo de Energía	6 566,30	0,00	Pagado		
201905	3 555,14	24/06/2019	19/07/2019 13:09:24	Recibo de Energía	6 467,00	0,00	Pagado		
201906	3 954,72	23/07/2019	19/07/2019 13:09:24	Recibo de Energía	6 636,20	0,00	Pagado		
201907	3 607,71	23/08/2019	11/09/2019 12:54:36	Recibo de Energía	6 059,90	0,00	Pagado		
201908	5 046,48	23/09/2019	22/10/2019 16:00:49	Recibo de Energía	6 892,60	0,00	Pagado		
201909	4 452,97	23/10/2019	22/10/2019 16:00:49	Recibo de Energía	6 537,30	0,00	Pagado		
201910	3 822,38	22/11/2019	16/12/2019 12:23:36	Recibo de Energía	6 594,80	0,00	Pagado		
201911	4 489,00	23/12/2019	21/01/2020 11:51:30	Recibo de Energía	7 400,10	0,00	Pagado		
201912	5 113,00	23/01/2020	24/01/2020 12:58:23	Recibo de Energía	7 410,40	0,00	Financiado	TOTAL =	66 731,00
202001	4 590,18	24/02/2020	11/03/2020 19:49:00	Recibo de Energía	7 488,80	0,00	Pagado		
202002	5 125,44	23/03/2020	16/03/2020 19:51:00	Recibo de Energía	7 511,10	0,00	Pagado		
202003	2 385,25	23/04/2020	20/07/2020 13:44:00	Recibo de Energía	6 723,30	0,00	Pagado		
202004	805,32	25/05/2020	20/07/2020 13:44:00	Recibo de Energía	2 493,60	0,00	Pagado		
202005	682,19	24/06/2020	28/08/2020 18:59:00	Recibo de Energía	2 777,90	0,00	Pagado		
202006	680,60	23/07/2020	28/08/2020 18:59:00	Recibo de Energía	2 447,30	0,00	Pagado		
202007	764,50	24/08/2020	02/11/2020 21:12:57	Recibo de Energía	2 432,30	0,00	Pagado		
202008	640,04	23/09/2020	09/10/2020 22:28:00	Recibo de Energía	1 555,00	0,00	Pagado		
202009	582,28	22/10/2020	01/12/2020 18:12:00	Recibo de Energía	642,70	0,00	Pagado		
202009	0,00	12/10/2020	09/10/2020 23:10:00	Nota de Ingreso a Caja	-1 611,30	0,00	Aplicado		
202009	0,00	13/10/2020	15/09/2020 21:01:00	Nota de Ingreso a Caja	-2 432,30	0,00	Aplicado		
202010	838,45	23/11/2020	22/12/2020 11:09:00	Recibo de Energía	4 264,40	0,00	Pagado		
202011	125,17	22/12/2020	22/12/2020 11:09:00	Recibo de Energía	5 784,40	0,00	Pagado		
202012	2 215,85	23/01/2021	22/01/2021 13:02:00	Recibo de Energía	6 697,70	0,00	Pagado	TOTAL =	46 774,90
202101	1 199,53	23/02/2021	23/02/2021 17:07:30	Recibo de Energía	4 743,00	0,00	Pagado		
202102	1 002,16	23/03/2021	25/03/2021 18:05:00	Recibo de Energía	4 424,60	0,00	Pagado		
202103	740,62	23/04/2021	28/04/2021 13:5:00	Recibo de Energía	4 816,60	0,00	Pagado		
202104	532,48	24/05/2021	01/07/2021 17:50:00	Recibo de Energía	2 112,80	0,00	Pagado		
202105	600,72	24/06/2021	01/07/2021 17:50:00	Recibo de Energía	1 962,00	0,00	Pagado		
202106	539,01	23/07/2021	12/08/2021 11:49:00	Recibo de Energía	1 629,50	0,00	Pagado		
202107	476,19	24/08/2021	06/09/2021 15:14:00	Recibo de Energía	1 566,50	0,00	Pagado		
202108	716,18	23/09/2021	29/09/2021 11:08:00	Recibo de Energía	3 500,30	0,00	Pagado		
202109	519,90	25/10/2021	27/10/2021 12:14:00	Recibo de Energía	895,70	0,00	Pagado		
202110	545,29	24/11/2021	30/11/2021 09:12:00	Recibo de Energía	3 339,30	0,00	Pagado		
202111	896,52	23/12/2021	31/12/2021 10:25:00	Recibo de Energía	5 565,90	0,00	Pagado		
202112	3 139,07	24/01/2022	01/03/2022 09:16:00	Recibo de Energía	7 227,70	0,00	Pagado	TOTAL =	41 783,90
202201	1 027,59	24/02/2022	01/03/2022 09:16:00	Recibo de Energía	6 523,40	0,00	Pagado		
202202	835,65	24/03/2022	11/04/2022 09:19:00	Recibo de Energía	6 250,00	0,00	Pagado		
202203	426,58	25/04/2022	04/05/2022 08:56:00	Recibo de Energía	2 223,90	0,00	Pagado		
202204	417,45	25/05/2022	09/06/2022 08:57:00	Recibo de Energía	2 225,30	0,00	Pagado		
202205	437,36	24/06/2022	22/07/2022 09:30:00	Recibo de Energía	2 392,70	0,00	Pagado		
202206	416,84	25/07/2022	26/08/2022 17:59:00	Recibo de Energía	2 336,50	0,00	Pagado		
202207	436,06	24/08/2022	07/10/2022 09:37:00	Recibo de Energía	1 362,10	0,00	Pagado		
202208	35 149	23/09/2022	10/10/2022 09:09:00	Recibo de Energía	427,00	0,00	Pagado		
202209	0,02	24/10/2022	17/10/2022 09:04:00	Recibo de Energía	85,80	0,00	Pagado		
202210	505,20	24/11/2022	07/12/2022 10:48:00	Recibo de Energía	4 241,10	0,00	Pagado		
202211	425,05	22/12/2022	11/01/2023 10:53:00	Recibo de Energía	1 252,20	0,00	Pagado		
202212	5 059,41	23/01/2023	07/02/2023 09:11:00	Recibo de Energía	7 425,40	0,00	Pagado	TOTAL =	36 745,40

Fuente: [26]

Ilustración 25. Ubicación de la subestación EN2708 en la que se consideró los precios



Fuente: [26]

También se sacó, un gasto aproximado en la instalación del sistema de generación eléctrica, para poder obtener la inversión inicial:

Tabla 16. Inversión inicial del proyecto.

		Cantidad	Precio (Dólar)	Total	
Rueda	Eje	1	160	160	
	tapa de rueda	2	250	500	
	alabe	33	150	4950	
Chumacera		2	23,28	46,56	
Polea		1	17,94	17,94	
Polea 2		1	17,94	17,94	
Estructura (Tubo cuadrado)		32	55,44	1774,08	
Multiplicador		1	974,6	974,6	
Generador		1	1000	1000	
		Total		9441,12	= S/. 34 932,14

Fuente: Elaboración Propia

El costo de mantenimiento se tomará en base a una tesis [27], para considerar un aproximado en nuestro análisis, teniendo un costo de S/ 23 804 ,17 en lo que es mantenimiento. Para el análisis de costos se utilizará el VAN y TIR. Es por ello que se tomara de la siguiente manera:

		1	2	3	4
Ingresos		S/. 66 731,00	S/. 46 774,90	S/. 41 783,90	S/. 36 745,40
Egresos	S/.34 932,14	S/. 23 804,17	S/. 23 804,17	S/. 23 804,17	S/. 23 804,17
Flujo de caja	-S/.34 932,14	S/.42 926,83	S/.22 970,73	S/.17 979,73	S/.12 941,23

Dándonos como resultado aceptable, ya que el VIR sale superior al 10 % propuesto:

Tabla 17. Resultados de VAN Y TIR.

Cok	10%
VAN	S/. 45 423,79
TIR	81%

Fuente: Elaboración Propia

5 CONCLUSIONES

- Se pudo observar mediante una tesis los equipos utilizados y la cantidad de potencia que necesitan para su funcionamiento siendo de 119,55kW
- Se obtuvo el caudal anual en el canal, gracias a la información proporcionada del Proyecto Especial Olmos Tinajones, en la que se pudo obtener un aproximado del caudal en la ubicación seleccionada. Dicha ubicación se selecciona porque cerca de esa zona se encuentra un recolector de desperdicios en la cual se considera una posición correcta para la turbina o rueda. Mediante el caudal obtenido se utilizó un caudal intermedio que es de 24,289 m³/s en el Km 31+270.
- En los valores obtenidos dadas por las fórmulas de tesis, se pudo dar que los valores de diseño son obtenidos ya que si se da un torque elevado en la rueda demostrado por fórmulas y simulación del Flow Simulation. Además, se hizo una prueba estática en las partes donde tendrá más soporte siendo el eje y el soporte de la rueda, dando un factor de seguridad de 2,4 y 2,6 respectivamente
- Al diseñar el sistema de transmisión se pudo observar que si es óptimo en el sentido de que la polea final por medio de cálculos llega a 195,75 rpm y por medio de una multiplicadora se podrá aumentar a 940 rpm, llegando a poder mover de manera eficiente el generador síncrono. Observándose que los meses más eficientes en que se puede usar la rueda son los meses de enero y febrero, debido a que el caudal si llega a alcanzar la potencia instalada para el parque. Mientras que el resto de meses da menor potencia energético debido a que baja el caudal
- Mediante el análisis de costos, me base en datos de ENSA, en los que se aprecian los pagos que da el municipio de 2019 a 2022 para tener un aproximado de lo que paga, considerando luego la inversión inicial de nuestro proyecto y luego el costo de mantenimiento anual aproximado guiándonos por una tesis. Realizando el análisis de VAN y TIR nos da que el proyecto si puede llegar a ser viable, dándonos en el VAN S/ 45 423 ,79 y el TIR es de un 81 %.

6 DISCUSIÓN

Mediante los resultados del antecedente [9] mostrados anteriormente se pudo observar que se obtuvo una eficiencia mecánica de 34 %, mientras que nuestro resultado fue de 84 %. Esto debido a que su turbina no abarca todo el canal, de manera que no se aprovecha por completo, por ello si se hubiera utilizado un canal con mayor caudal se podría generar mayor energía como en el caso de nuestro proyecto. El sistema de generación de energía eléctrica si es viable, ya que se recuperará el dinero invertido en un periodo de 4 años. En la simulación se pudo observar que el soporte y el eje, con los materiales seleccionados si pueden soportar el peso de los elementos diseñados.

7 RECOMENDACIONES

- Se recomienda tener un mejor análisis del costo en el mantenimiento, ya que el valor dado del mantenimiento es un aproximado. Esto dado porque la tesis está enfocada en la generación de energía y no en el mantenimiento.
- El municipio de Mesones Muro debe pedir permiso al PEOT, ya que el canal es propiedad de ellos. De manera que se pueda instalar el generador de energía y además aprovechar el caudal del canal sin ningún problema.
- El municipio de Mesones Muro debe pedir permiso a ENSA para el uso de postes, en la distribución de energía desde el punto de instalación del generador de energía eléctrica hasta el parque de las aguas de Mesones Muro.
- Se recomienda que durante los meses en los que el caudal de agua disminuye, se aproveche para alimentar ciertos espacios y recursos de la municipalidad con el fin de aprovechar la energía eléctrica.

8 REFERENCIAS

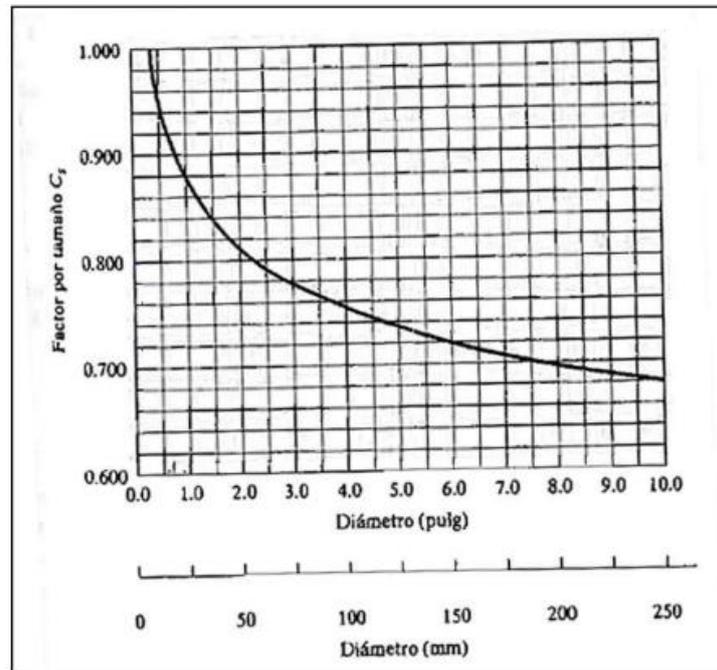
- [1] C. E. Cordero Vargas, «PARTICIPACIÓN EN EL DESARROLLO DE NUEVOS PROYECTOS Y SEGUIMIENTO DE OPORTUNIDADES COMERCIALES EN UNA ENTIDAD DE SUMINISTRO E INSTALACIÓN DE PLANTAS ELECTICAS,» UNIVERSIDAD PONTIFICIA BOLIVARIANA, BOGOTÁ, 2018.
- [2] J. C. Zeballos Riveros, «PROPUESTA DE PLAN DE MANTENIMIENTO PARA LOS INYECTORES DE EFECTO SIMPLE DE LA TURBINA HIDRÁULICA TIPO PELTON DE LAS CENTRALES HIDROELÉCTRICAS ÁNGEL I, II Y III DE LA EMPRESA GENERADORA DE ENERGÍA DEL PERÚ S.A, AREQUIPA – PERÚ, 2021,» UNIVERSIDAD AUTÓNOMA SAN FRANCISCO, Arequipa, 2021.
- [3] C. F. Piscocoya Quevedo, «Generación de energía eléctrica con energías no convencionales para el parque temático Manuel Antonio Mesones Muro,» UNIVERSIDAD NACIONAL PEDRO RUIZ GALLO, Lambayeque, 2019.
- [4] I. A. Gonzales Ipanaque, «Estudio de dren D-1000 de Chiclayo como sistema de evacuación de aguas pluviales,» UNIVERSIDAD DE PIURA, PIURA, 2020.
- [5] J. A. Torres Ríos , «ESTUDIO DE UN SISTEMA DE GENERACIÓN DE ENERGÍA ELÉCTRICA EN CANAL ABIERTO MEDIANTE LA RUEDA HIDRÁULICA EN EL RÍO ARENILLAS, EL ORO ECUADOR,» UNIVERSIDAD CATÓLICA DE SANTIAGO DE GUAYAQUIL, GUAYAQUIL, 2018.
- [6] J. E. DÍAZ ROLDAN y H. A. SANCHEZ VARGAS, «SISTEMA DE GENERACIÓN DE ENERGÍA ELÉCTRICA BASADO EN LA TURBINA DE GORLOV PARA LA PLANTA DE TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES DE SAN SILVESTRE EN EL MUNICIPIO DE BARRANCABERMEJA,» UTS, Santander, 2020.
- [7] . A. V. Acosta Peña y R. A. Moya Cepeda , «“DISEÑO Y CONSTRUCCIÓN DE UN SISTEMA DE GENERACIÓN ELÉCTRICA UTILIZANDO ENERGÍA HIDRÁULICA DE CANALES DE RIEGO”,» UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO, Ecuador, 2021.
- [8] M. A. G. Andrés, «DISEÑO DE UNA TURBINA HIDROKINÉTICA DE EJE HORIZONTAL PARA RÍOS,» Pereira, 2021.
- [9] O. Tantaleán Barboza y C. E. Polo Vallejos, «IMPLEMENTACIÓN DE UNA TURBINA HIDROKINÉTICA DE EJE HORIZONTAL, PARA GENERACIÓN DE ENERGÍA ELÉCTRICA EN CANALES FLUVIALES DE ZONAS RURALES,» UNIVERSIDAD NACIONAL DE JAÉN, Jaén, 2020.
- [10] C. M. CORONADO MIRANDA y D. A. DEL RÍO VARILA , «ESTUDIO COMPARATIVO DE VIABILIDAD FINANCIERA ENTRE UN SISTEMA DE ENERGÍA HIDRÁULICO Y UN SISTEMA DE ENERGÍA COMPLEMENTARIO (HIDRÁULICO Y EÓLICO),» UNIVERSIDAD EAFIT , Bogotá, 2019.
- [11] R. PARDO CAICEDO, «“PROPUESTA DE CAPTACIÓN DE ENERGÍA LIMPIA PARA EL SUMINISTRO ELÉCTRICO EN LA UNTELS, 2021,» UNIVERSIDAD NACIONAL TECNOLÓGICA DE LIMA SUR, Villa el Salvador, 2020.

- [12] Tulus, T. Marpaung y Suriati, «Computational Analysis of Water Wheel for Hydro-Electric,» Universitas Sumatera Utara, Medan, 2019.
- [13] R. Hernández Morales, «Diseño de rueda hidráulica para uso de canal de riego,» Curicó, 2021.
- [14] A. Ramírez Martínez, «Diseño de Álabes, Rotor y Transmisión de un Generador Eólico de Eje,» INSTITUTO TECNOLÓGICO DE PACHUCA, PACHUCA, 2019.
- [15] R. A. ZEGARRA MACEDO, «“METODOLOGÍA PARA LA SELECCIÓN DEL GENERADOR EN UNA MINI CENTRAL HIDROELÉCTRICA”,» UNIVERSIDAD NACIONAL DE SAN AGUSTÍN DE AREQUIPA, Arequipa, 2020.
- [16] Solid-bi, «Solid-bi,» Solid-bi, [En línea]. Available: <https://solid-bi.es/solidworks/>. [Último acceso: 11 Junio 2022].
- [17] MathWorks, «Simscape Electrical,» [En línea]. Available: <https://la.mathworks.com/products/simscape-electrical.html>.
- [18] J. C. Moreno Moreno y R. J. Caballero Solano, «GENERADOR ELÉCTRICO MEDIANTE IMANES DE NEODIMIO COMO FUENTE ALTERNATIVA DE ENERGÍA PARA APLICACIÓN EN ZONAS RURALES,» Unidades de Tecnología de Santander, Santander, 2019.
- [19] B. E. Vivas Rodríguez, «Diseño de mini central hidroeléctrica haciendo las garzas,» Universidad Técnica del Norte, Ibarra, 2020.
- [20] D. K. CORREA JURADO, «ACTUALIZACIÓN DE UNA GUÍA DE DISEÑO DE PEQUEÑAS CENTRALES HIDROELÉCTRICAS EN COLOMBIA EN LAS ÁREAS DE HIDROLOGÍA, HIDRÁULICA, ESTRUCTURAS HIDRÁULICAS Y EQUIPOS ELECTROMECÁNICOS,» Universidad Católica de Colombia, Bogotá, 2020.
- [21] P. E. O. Tinajones, «Operación y Mantenimiento,» Sistema Mayor - Tinajones , 2022.
- [22] J. H. Manay Mego, «“MODELACIÓN DEL FLUJO A SUPERFICIE LIBRE EN EL CANAL TAYMI KM 33+000 AL KM 38+000, LAMBAYEQUE”,» Universidad Señor de Sipan, Pimentel, 2019.
- [23] J. K. JACOME GIRALDO, «DISEÑO, CONSTRUCCIÓN Y SIMULACIÓN DE UNA RUEDA HIDRÁULICA, PARA GENERAR ENERGÍA MECÁNICA ROTACIONAL Y ELÉCTRICA, ENSOLUCIONES PRÁCTICAS – ITDG, CAJAMARCA, 2015.,» UNIVERSIDAD ALAS PERUANAS, CAJAMARCA, 2017.
- [24] Koyo, «Koyo,» Catálogo de chumacera - Koyo, 2019. [En línea]. Available: <https://koyola.com.pa/catalogo-chumaceras/>.
- [25] Weg, «Weg,» Generadores Sincronos, 2020. [En línea]. Available: <https://www.weg.net/institutional/US/es/search/downloadcenter?q=WEG-generador-sincronico-linea-g-plus-654-catalogo-espanol.pdf>.
- [26] ENSA, «Pagos de subestación,» 2019-2020.

- [27] A. M. Chicaiza Colcha, «ESTUDIO DE FACTIBILIDAD TÉCNICA-ECONÓMICA PARA LA MODERNIZACIÓN DE LA MINICENTRAL HIDROELÉCTRICA PÚBLICA METROPOLITANA DE AGUA POTABLE Y SANEAMIENTO DE QUITO (EPMAPS),» ESCUELA POLITÉCNICA NACIONAL, Quito, 2019.
- [28] P. Cueva Calderon y B. B. Quiñones Lucio, «Estudio teórico de un riogenerador para la generación de energía eléctrica en el sector Sausicucho – Distrito de Cachachi,» Universidad Cesar Vallejo, Trujillo, 2019.
- [29] E. E. Flores Díaz, «GENERADOR SÍNCRONO DE IMANES PERMANENTES DE FLUJO RADIAL PARA UNA PICO CENTRAL HIDROELÉCTRICA EN EL CANAL DE RIEGO AMBATO – HUACHI – PELILEO,» UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO, Ambato, 2021.
- [30] A. KO LATT , M. ZAW, T. SU TIN y S. YIN HTWE, «Bucket Design of Water Wheel for Electricity Generation,» Mandalay Technological University, Myanmar, 2018.
- [31] D. Palma Reyes y C. D. Peña Espitia, «DISEÑO DE UNA TURBINA TIPO KAPLAN PARA LA GENERACIÓN DE ENERGÍA HIDRÁULICA,» Universidad Católica de Colombia , Bogotá, 2018.
- [32] H. H. Garcia Sandoval, «Metodología para el modelado numérico de una micro central de generación hidroeléctrica propulsada por un vórtice gravitacional de agua,» Universidad de Piura, Piura, 2021.
- [33] C. T. N. L. S.A, «Reguladores y Acondicionadores Automáticos de Voltaje CATÁLOGO».

9 ANEXO

Ilustración 26. Factor por tamaño



Fuente: [23]

Ilustración 27. Factores de confiabilidad; Aproximados C_R y factores de tamaño

Confiabilidad deseada C_R	
0.50	1.0
0.90	0.90
0.99	0.81
0.999	0.75

Unidades del Sistema Estadounidense Tradicional	
Rango de tamaño	Para D en pulgadas
$D \leq 0.30$	$C_S = 1.0$
$0.30 < D \leq 2.0$	$C_S = (D/0.3)^{-0.11}$
$2.0 < D < 10.0$	$C_S = 0.859 - 0.02125D$
Unidades SI	
Rango de tamaño	Para D en mm
$D \leq 7.62$	$C_S = 1.0$
$7.62 < D \leq 50$	$C_S = (D/7.62)^{-0.11}$
$50 < D < 250$	$C_S = 0.859 - 0.000837D$

Fuente: [23]

Foto 1. de localización en donde se instalará el proyecto



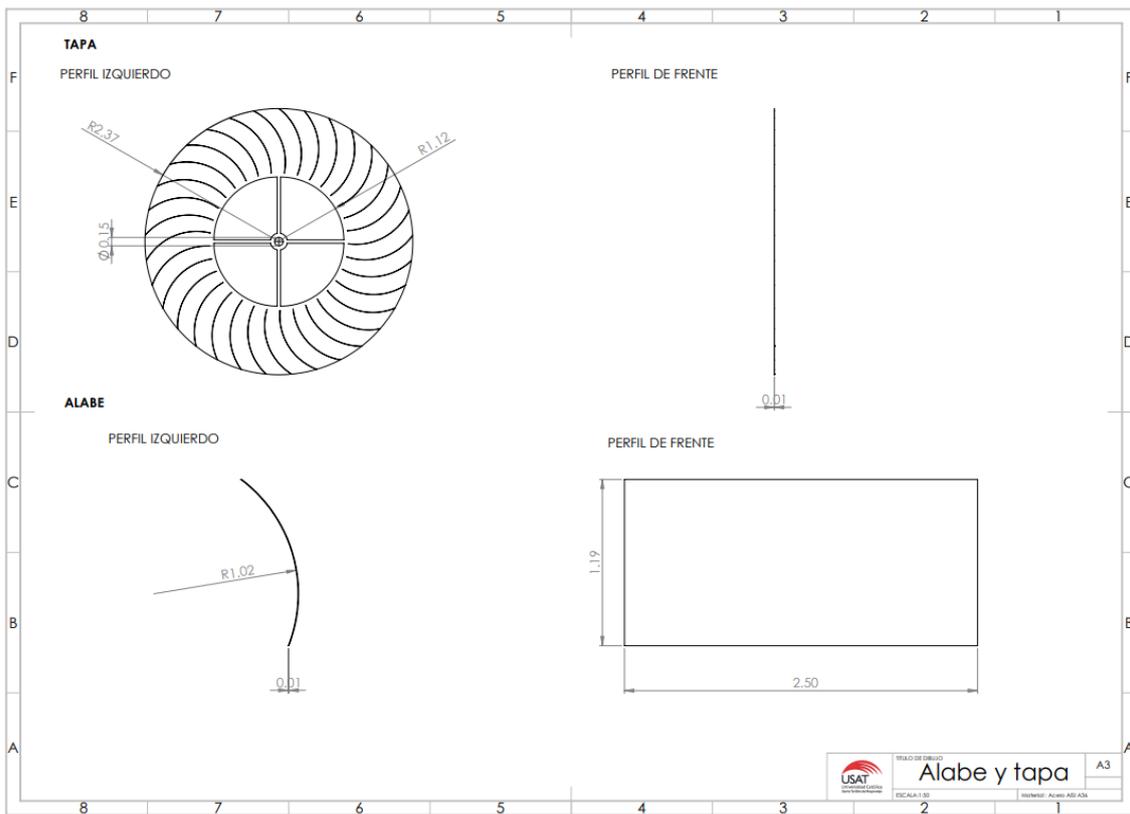
Fuente: Elaboración Propia

Foto 2. Localización en donde se instalará el proyecto



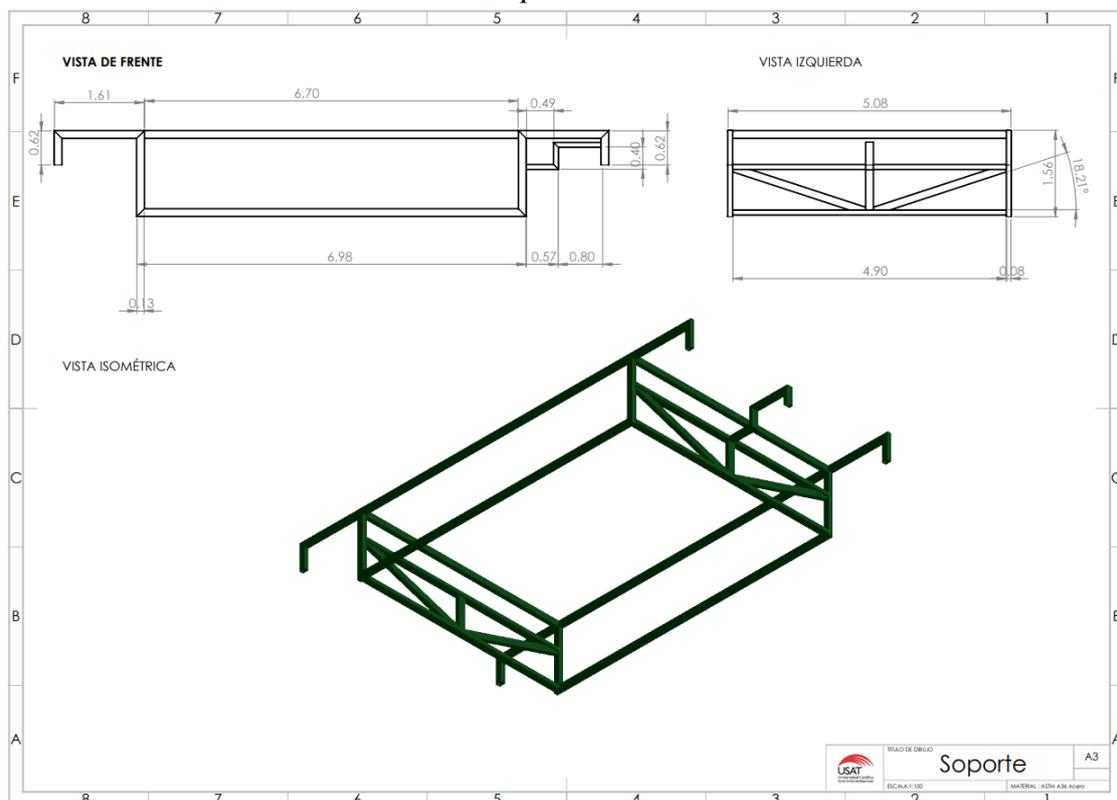
Fuente: Elaboración Propia

Plano 1. Alabe y tapa de rueda



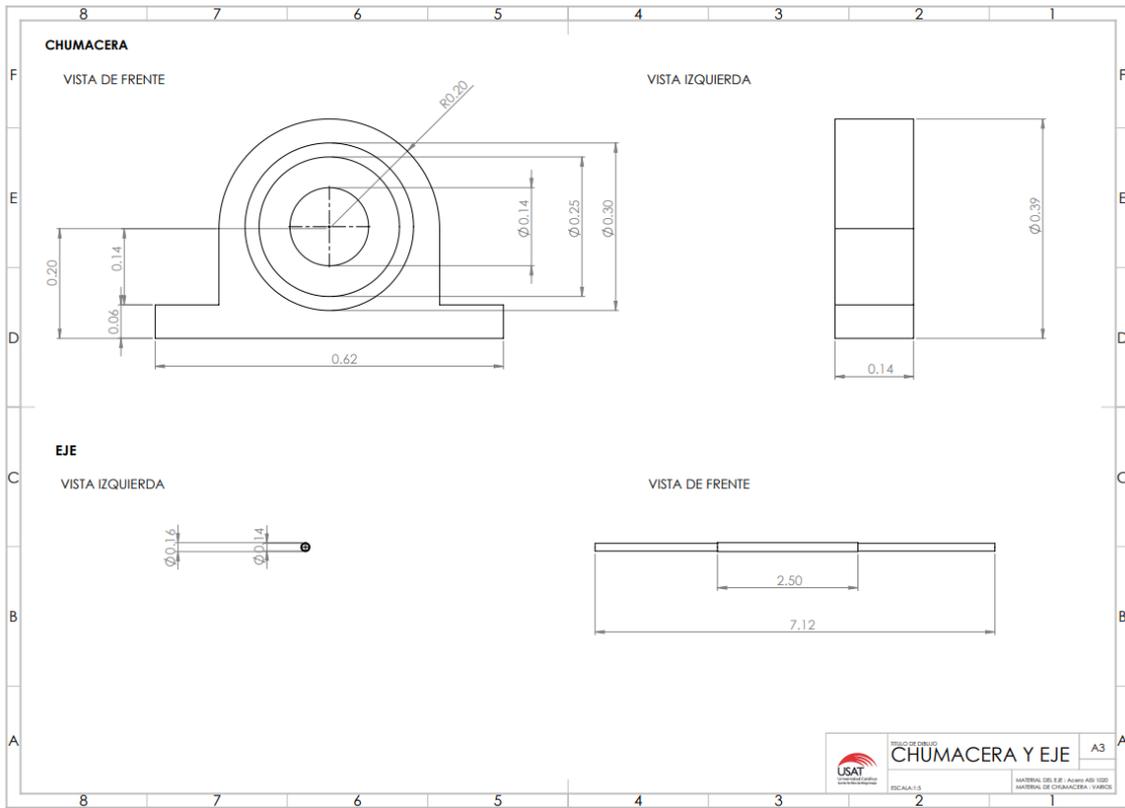
Fuente: Elaboración Propia

Plano 2. Soporte de la rueda



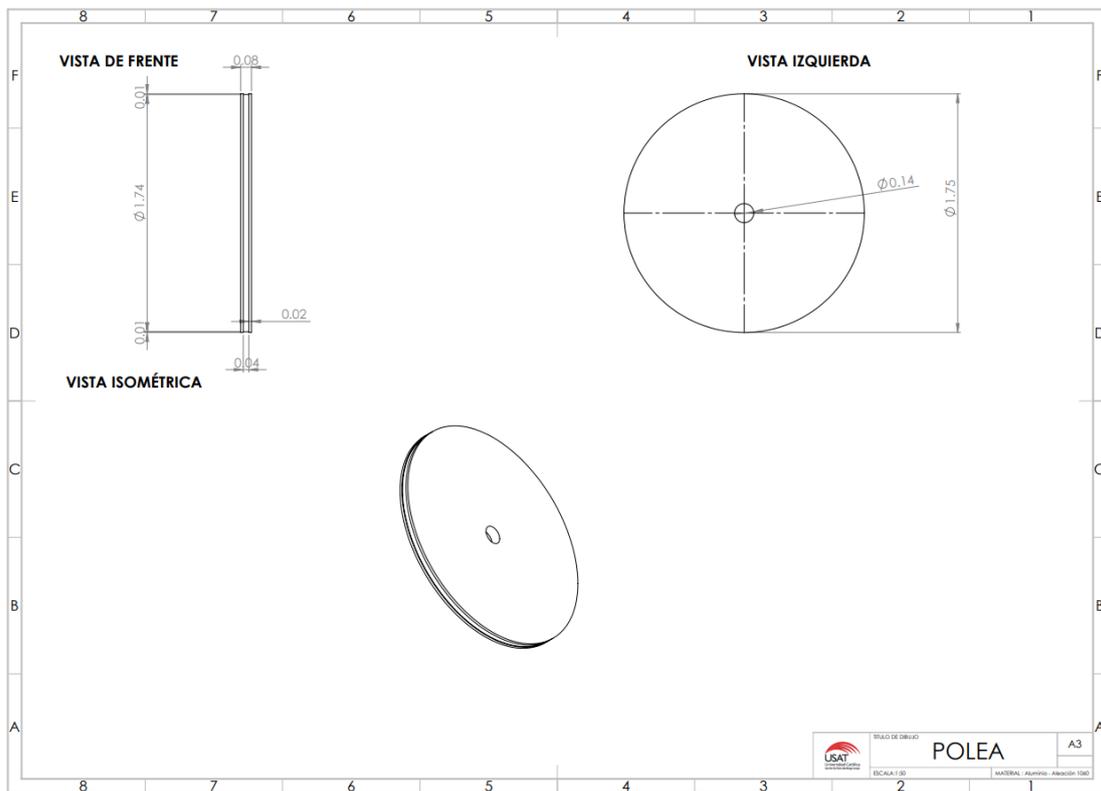
Fuente: Elaboración Propia

Plano 3. Chumacera y eje



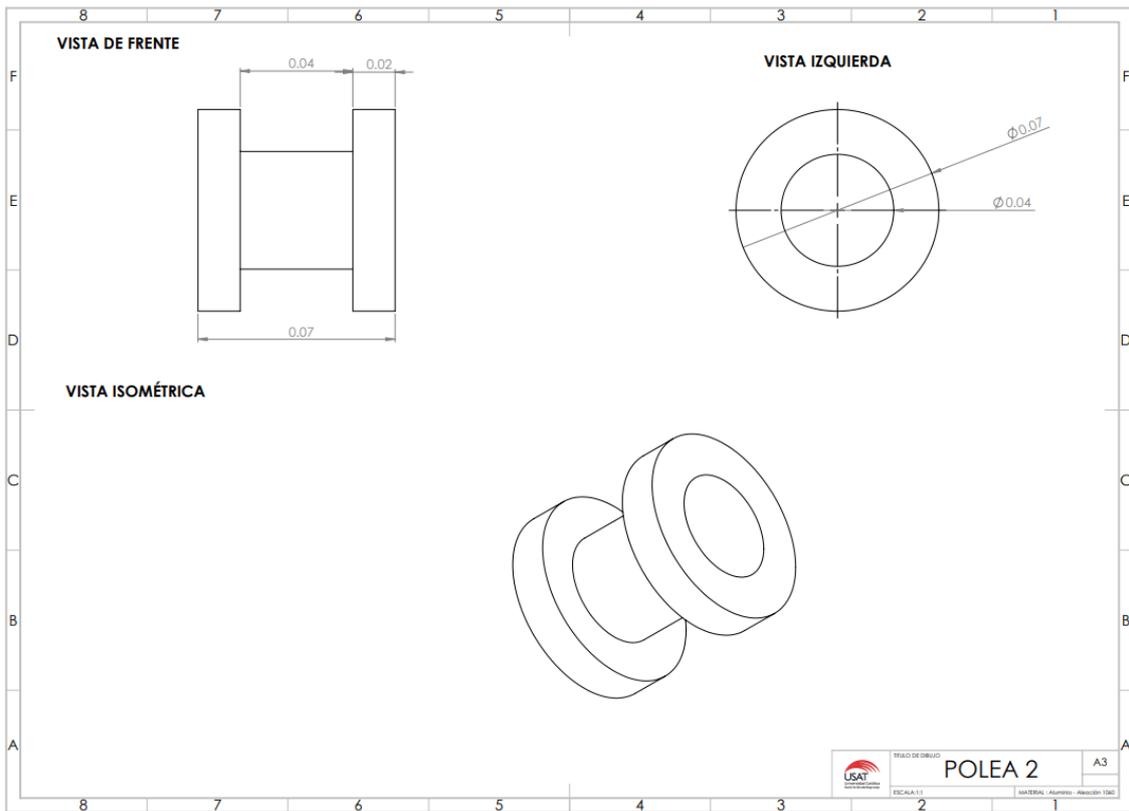
Fuente: Elaboración Propia

Plano 4. Polea



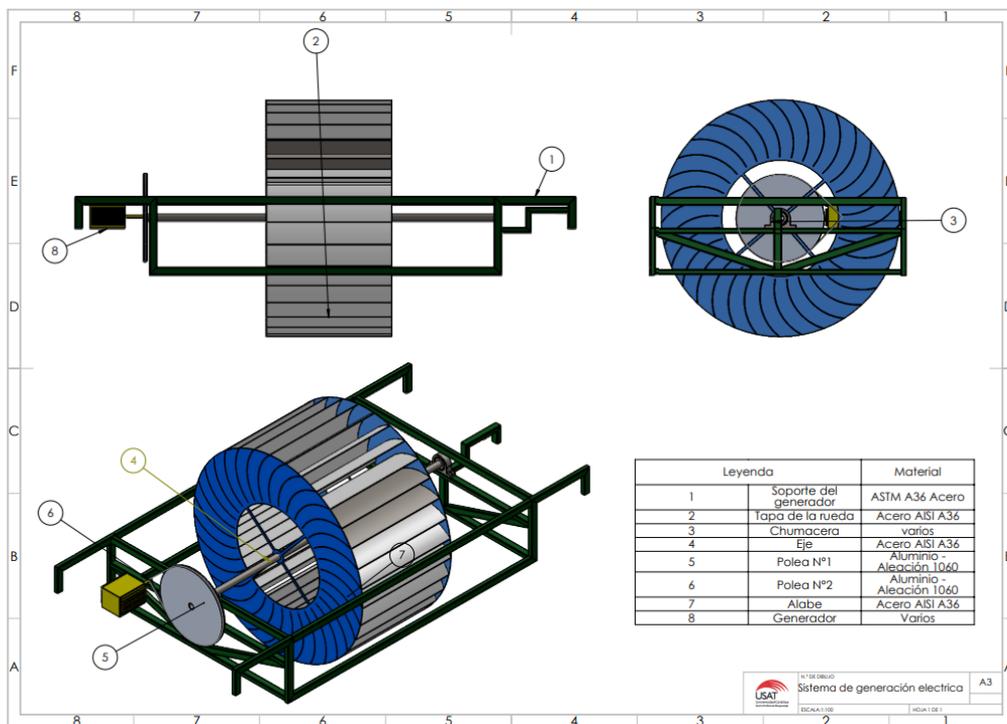
Fuente: Elaboración Propia

Plano 5 Segunda Polea



Fuente: Elaboración Propia

Plano 6. Diseño final del generador de energía eléctrica



Fuente: Elaboración Propia